

**М.Ф.ДРУКОВАНЫЙ
Б.Н.КУКИБ
В.С.КУЦ**

БУРОВЗРЫВНЫЕ РАБОТЫ НА КАРЬЕРАХ

**М.Ф. ДРУКОВАНЫЙ
Б.Н. КУКИБ
В.С. КУЦ**

БУРОВЗРЫВНЫЕ РАБОТЫ НА КАРЬЕРАХ

Допущено

Министерством металлургии СССР

в качестве учебника

для учащихся техникумов по специальности 0902

*"Технология открытой и подземной разработки
месторождений полезных ископаемых"*



МОСКВА "НЕДРА" 1990

ББК 33.13

Д 72

УДК 622.233/.235.012.3 (075.32)

Рецензенты: проф., д-р техн. наук *Ю.С. Мещ* и горный инженер *В.М. Кульбида*

Друкованый М.Ф., Кукиб Б.Н., Куц В.С.

Д 72 Буровзрывные работы на карьерах: Учеб. для техникумов. —
М.: Недра, 1990. — 367 с.: ил.
ISBN 5-247-01470-7

Приведены сведения о свойствах горных пород и их классификации по буримости и взрываемости. Рассмотрены способы бурения шпуров и скважин на карьерах, устройство и режимы работы оборудования. Изложены основы теории действия взрыва в среде и принцип расчета зарядов. Описаны методы взрывных работ, применяемые взрывчатые материалы и средства инициирования. Рассмотрены современные схемы механизации взрывных работ, организация, технология и безопасность их выполнения.

Для учащихся горных техникумов.

2502010300— 407

Д **043(01) — 90** **234—90**

ББК 33.13

ISBN 5-247-01470-7

© М.Ф. Друкованый, Б.Н. Кукиб, В.С. Куц, 1990

РАЗДЕЛ I

ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О ГОРНЫХ ПОРОДАХ

Глава I

ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О СВОЙСТВАХ ГОРНЫХ ПОРОД

При ведении буровзрывных работ на горных предприятиях выбор их основных параметров и методов управления взрывом в значительной степени зависит от свойств пород, трещиноватости массива и структурных особенностей его залегания. В технической литературе по взрывному делу при ведении расчетов используются физические, упругие свойства горных пород, коэффициент их крепости, энергетические характеристики их разрушения, скорости развития трещин, скорости смещения массива и влияние трещиноватости среды на процессы разрушения и дробления горных пород. Поэтому целесообразно начать изложение вопросов, связанных с современными средствами и методами ведения буровзрывных работ, с рассмотрения физических свойств горных пород, их механической прочности и классификации их по основным технологическим процессам буровзрывного цикла.

§ 1. Физические свойства горных пород

Физические свойства горных пород характеризуют плотность породы, их тепловые и электромагнитные показатели.

Плотность пород — физическая величина, равная отношению массы пород к их объему (т/м^3),

$$\gamma = m/V,$$

где m — масса породы, т; V — объем породы, м^3 .

Плотность пород, т/м^3

Тuff	0,6
Песок	1,6—1,95
Песчаник	1,9—2,65
Известняк	1,87—2,82
Каменная соль	2,2—2,4
Каменный уголь	0,8—1,4
Гранит	2,26—2,67
Железистый роговик	2,9—3,5

Тепловые свойства горных пород характеризуются в основном удельной теплопроводностью, удельной теплоемкостью и коэффициентом линейного расширения.

Удельная теплопроводность горной породы характеризуется количеством тепла, проходящим в единицу времени через единицу сечения при передаче температуры в 1°C на единицу расстояния.

Таблица 1

Физические свойства горных пород

Минерал	Удельная теплопроводность, Вт/(м·К)	Удельная теплоемкость, Дж/(кг·К)	Удельное электрическое сопротивление, Ом·м	Относительная диэлектрическая проницаемость
Ангидрид	4,76	504	$6 \cdot 10^{11}$	6,7
Апатит	1,45	701	10^{10}	8,5
Гематит	12,96	634	10	25
Доломит	4,02	861	10^8	6,8
Кварц	7,20	854	10^{17}	5,1
Магнетит	4,83	609	10^{-2}	6,8
Серпентин	2,99	671	10^5	9,0
Тальк	3,12	701	$1,6 \cdot 10^9$	6,0
Флюорит	4,14	781	10^{14}	7,5

Удельная теплоемкость горной породы характеризуется количеством тепла, необходимого для повышения температуры 1 кг вещества на 1 °С, она выражается в Дж/(кг·К).

Коэффициент линейного расширения горной породы характеризует относительное удлинение размеров тела при нагреве его на 1 °С.

Средние значения тепловых физических свойств некоторых минералов (по данным В.В. Ржевского и Г.Я. Новика) приведены в табл. 1.

Электромагнитные свойства горных пород характеризуются удельным электрическим сопротивлением, относительной диэлектрической проницаемостью и другими свойствами.

Удельное электрическое сопротивление горных пород характеризуется величиной, обратной силе тока, проходящего через единицу площади образца, при напряженности электрического поля образца, равной единице. Относительная диэлектрическая проницаемость горной породы показывает, во сколько раз уменьшается напряженность электрического поля при внесении в него диэлектрика из данной породы.

§ 2. Механические свойства горных пород

Наиболее распространенной оценкой механических свойств пород является показатель сопротивления горных пород одноосному сжатию, который определяется как частное от деления максимальной разрушающей силы $P_{\max}$, полученной при одноосном раздавливании на прессе образца породы правильной геометрической формы, на начальную площадь F_0 поперечного сечения образца:

$$\sigma_{\text{сж}} = P_{\max} / F_0$$

Это условное среднее разрушающее напряжение называют пределом прочности пород при одноосном сжатии.

В отдельных случаях для характеристики горных пород применяется предел прочности пород на растяжение σ_p , который равняется растягивающей силе P_p , разделенной на начальную площадь поперечного сечения F_0 деформируемого образца породы.

Характер деформации и разрушения горных пород зависит от упругих постоянных горных пород. К упругим характеристикам горных пород относится модуль Юнга, модуль всестороннего сжатия, коэффициент Пуассона, скорость распространения волн, акустическая жесткость горных пород и другие показатели.

Модулем Юнга, или модулем упругости, называется коэффициент пропорциональности между нормальным напряжением и деформацией, вызванной этими напряжениями. Модуль Юнга определяется по формулам:

$$E = \sigma/\nu \quad \text{или} \quad E = 9KG/(3K + G),$$

где σ — нормальное напряжение, Па; ν — относительная деформация; K — модуль всестороннего сжатия, Па; G — модуль сдвига, Па.

Модуль сдвига

$$G = \tau/\nu,$$

где τ — касательное напряжение, Па.

В случае объемного напряженного состояния породы связь между напряжением и относительным изменением объема выражается через модуль всестороннего сжатия:

$$K = \frac{EG}{3(G - E)}.$$

В практике применяется еще один упругий параметр — коэффициент Пуассона, характеризующий пропорциональность относительных продольных и поперечных деформаций:

$$\nu = \frac{3K - 2G}{2(3K + G)}.$$

Скорости распространения продольных и поперечных волн являются динамическими характеристиками горных пород, они могут быть определены экспериментальным путем или по формулам теории упругости:

$$c_l = \sqrt{\frac{3K + 4G}{3\gamma}}; \quad c_t = \sqrt{\frac{G}{\gamma}}.$$

В зависимости от скорости распространения волн рассчитываются все динамические характеристики горных пород.

Акустическая жесткость определяется как произведение скорости распространения продольных волн в горной породе на плотность последней

$$A = \gamma c_l,$$

где c_l — скорость распространения продольной волны, м/с.

Динамический модуль упругости (Па) определяется по скорости распространения упругих волн

$$E_d = c_{ст}^2 \gamma,$$

где $c_{ст}$ — скорость распространения упругой волны в стержне, м/с.

Динамический коэффициент Пуассона определяется по скорости распространения продольной и поперечной волн

$$\nu_d = \frac{0,5 - R^2}{1 - R^2},$$

где R — отношение скоростей поперечной и продольной волн в породе.
Динамический модуль сдвига

$$G = c_t^2 \gamma,$$

где c_t — скорость поперечной волны, м/с.

Прочностные, упругие и динамические свойства горных пород оказывают значительное влияние на энергетические показатели их разрушения. Упругие и акустические свойства некоторых минералов (по данным В.В. Ржевского и Г.Я. Новика) приведены в табл. 2.

Таблица 2

Прочностные, упругие и динамические свойства горных пород

Минерал	Модуль сдвига, 10 ⁻⁶ МПа	Модуль всестороннего сжатия, 10 ⁻⁶ МПа	Скорость волны, 10 ³ м/с	
			поперечной	продольной
Алмаз	9,55	14,51	4,78	8,73
Биотит	2,79	5,14	3,0	5,36
Гематит	9,31	10,02	4,27	6,45
Кварц	4,44	3,7	4,03	6,05
Кальцит	3,32	7,19	3,5	6,02
Корунд	17,91	27,72	6,67	11,15
Лабрадорит	3,46	7,87	3,59	6,49
Мусковит	3,23	3,32	3,41	5,88
Магнетит	9,2	16,11	4,22	6,82
Ортоклаз	2,44	5,24	3,09	5,68
Пирит	12,5	11,58	4,98	7,3
Флюорит	4,25	8,88	9,68	6,76

§ 3. Горнотехнологические характеристики и классификации горных пород

Значительное влияние на производительность машин, стойкость инструмента и стоимость буровзрывных работ оказывают свойства горных пород при их добыче и переработке. Поэтому в практике горных работ для технологической характеристики горных пород и их влияния на эффективность буровзрывных работ вводятся горнотехнологические характеристики горных пород.

К горнотехнологическим характеристикам горных пород, влияющим на эффективность буровзрывных работ, относят крепость, твердость, абразивность, буримость, взрываемость, трещиноватость и другие показатели. По горнотехнологическим характеристикам горных пород создаются соответствующие классификации. Наибольшее распространение в горном деле получила классификация горных пород по крепости, разработанная в 1910 г. проф. М.М. Протодяконовым (табл. 3).

Крепость горных пород оценивается по шкале проф. М.М. Протодяконова коэффициентом крепости

$$f = \sigma_{сж} / 100.$$

В качестве прочностных характеристик горных пород по сопротивлению их разрушению буровым инструментом используют твердость.

Твердость характеризует способность породы оказывать сопротивление проникновению в него твердого тела. Степень твердости для сопротивления пород при бурении целесообразно определять по методу Л.А. Шрейнера.

Сопротивление пород вдавливанию, определенное по методу Л.А. Шрейнера, МПа

Кварцит бакальский	10	Доломит	2,3
Кварц шокшанский	6,5—7,0	Ангидрит доломитизированный	1,8
Гранит янцевский	5,9	Известняк	1,5
Нефелин	5,8	Мергель ишимбайский	0,8
Доломит окремненный	4,4	Кальцит	0,7—0,9
Пирит дегтярский крупнозернистый	4,2	Каменная соль	0,2
Ортоклаз	3,3	Гипс	0,2

Одной из горнотехнологических характеристик горных пород является ее абразивность.

Абразивность — способность породы изнашивать контактирующие с ней поверхности горных машин или горного оборудования в процессе их работы. Этот показатель нужен для планирования расходов инструментов бурильных машин. Характеристика абразивности пород приведена в табл. 4.

Классификацию горных пород по шкале проф. М.М. Протодяконова применяют для ориентировочной оценки крепости пород при укрупненных проектных и сметных расчетах. Для оперативного нормирования

Таблица 3

Классификация горных пород по шкале проф. М.М. Протодакенова

Категория	Степень крепости пород	Горные породы	Коэффициент крепости
I	В высшей степени крепкие	Наиболее крепкие, плотные и вязкие кварциты и базальты. Исключительные по крепости другие породы	20
II	Очень крепкие породы	Очень крепкие гранитовые породы. Кварцевый порфир, очень крепкий гранит, кремнистый сланец. Менее крепкие, ниже указанных выше кварцитов. Самые крепкие песчаники и известняки	15
III	Крепкие	Гранит (плотный) и гранитовые породы, очень крепкие песчаники и известняки. Кварцевые рудные жилы. Крепкий конгломерат. Очень крепкие железные руды	10
IIIa	"	Известняки (крепкие). Некрепкий гранит. Крепкие песчаники. Крепкий мрамор. Доломит. Колчеданы.	8
IV	Довольно крепкие	Обыкновенный песчаник. Железные руды	6
IVa	То же	Песчанистые сланцы. Сланцевые песчаники	5
V	Средние	Крепкий глинистый сланец. Некрепкие песчаник и известняк, мягкий конгломерат	4
Va	"	Разнообразные сланцы (некрепкие); плотный мергель	3
VI	Довольно мягкие	Мягкий сланец. Очень мягкий известняк, мел, каменная соль, гипс. Мерзлый грунт. Антрацит. Обыкновенный мергель. Разрушенный песчаник, цементированная галька и хрящ, каменный грунт	2
VIa	То же	Щебенистый грунт. Разрушенный сланец, слежавшийся сланец, слежавшаяся галька и щебень, крепкий каменный уголь. Отвердевшая галька	1,5
VII	Мягкие	Глина (плотная). Мягкий каменный уголь. Крепкий нанос, глинистый грунт	1,0
VIIa	То же	Легкая песчанистая глина, лесс, гравий	0,8
VIII	Землистые	Растительная земля. Торф, легкий суглинок, сырой песок	0,6
IX	Сыпучие	Песок, осыпи, мелкий гравий, насыпная земля, добытый уголь	0,5
X	Плывучие	Плывуны, болотистый грунт, разжиженный лесс и другие разжиженные грунты	0,3

Таблица 4

Характеристика абразивности пород (по Л.И. Барону и А.В. Кузнецову)

Класс абразивности	Степень абразивности	Показатель абразивности, мг	Породы
I	Весьма малоабразивные породы	< 5	Известняки, мраморы, мягкие сульфиды без кварца (галипит, сфалерит, пирротин), апатит, каменная соль
II	Малоабразивные породы	5—10	Сульфидные руды, барито-сульфидные руды, аргиллиты, мягкие сланцы: углистые, глинистые, хлоритовые, хлоритоаспидные
III	Породы ниже средней абразивности	10—18	Джеспилиты, роговики (рудные и нерудные), кварцево-сульфидные руды, магматические тонкозернистые породы, песчаники кварцевые и аркозовые тонкозернистые, руды железные, известняки окремненные
IV	Среднеабразивные породы	18—30	Песчаники кварцевые и аркозовые, мелкозернистые диабазы, плавленый базальт, крупнозернистый пирит, арсенопирит, жильный кварц, кварцево-сульфидные руды, мелкозернистые магматические породы, окварцованные известняки, джаспероиды
V	Породы вышесредней абразивности	30—45	Песчаники кварцевые и аркозовые, средне- и крупнозернистые; плагиограниты, нефелиновые сиениты, мелкозернистые граниты, мелкозернистые диориты, порфириды, грейзены, лампрофиры, габбро, гнейсы, скарны (рудные и нерудные)
VI	Породы повышенной абразивности	45—65	Породы магматические, средне- и крупнозернистые граниты, диориты, гранодиориты, порфириды, нефелиновые сиениты, сиениты, кератофиры, пироксениты, монцититы, амфиболиты, сланцы кварцевые и окварцованные, гнейсы
VII	Высокоабразивные породы	65—90	Порфириды, диориты, граниты, гранитоидные нефелиновые сиениты
VIII	В высшей степени абразивные	> 90	Корундсодержащие породы

буровзрывных работ используют классификации по буримости, взрываемости и трещиноватости горных пород.

Буримость горных пород — способность породы сопротивляться проникновению в нее бурового инструмента или интенсивность образования в породе шпура или скважины под действием усилий, возникающих при бурении. Буримость породы характеризуют скоростью бурения.

Единая классификация горных пород по буримости была разработана Межведомственной комиссией по взрывному делу под руководством проф. А.Ф. Суханова. В дальнейшем на ее методологической основе было разработано много отраслевых классификаций по буримости горных пород.

Наиболее широкое распространение получила классификация физико-механических свойств горных пород по СНиПУ—IV—2—82 в зависимости от результатов пробного бурения 1 м шпура бурильными молотками средней массы (табл. 5). Испытание производится при стандартных условиях, головка бура принимается 42 мм, давление сжатого воздуха 0,5 МПа, бурильный молоток ПП-36.

При отсутствии бурильных молотков и компрессоров в порядке исключения допускается определение группы горных пород по средним затратам времени на бурение 1 м скважин или шпуров станками или сверлами, используемыми на карьерах. Группа горных пород устанавливается сравнением результатов наблюдений с данными табл. 6.

Взрываемость горных пород и массивов — характеристика сопротивляемости горной породы и целого массива разрушению взрыва. Взрываемость горных массивов зависит от степени естественной трещиноватости его и крепости слагаемых горных пород.

Применительно к вопросам взрывного разрушения горных пород в последние годы под руководством Межведомственной комиссии по взрывному делу была разработана классификация массивов горных пород по степени трещиноватости и содержанию кусков различной крупности (табл. 7).

Требования к качеству дробления на карьерах различны, поэтому для единой классификации горных пород по их взрываемости необходимо принять какой-то размер куска породы за стандартный и дать способ перехода от эталонной крупности к любой другой.

Критерием разделения горных пород и массивов по категориям на взрываемость является удельный расход ВВ. В настоящее время нет надежных методов расчета удельного расхода ВВ, а определяется он с помощью экспериментальных взрывов и называется расчетным удельным расходом ВВ.

На основе расчетного удельного расхода ВВ МГИ и ВНИИцветметом предложена межотраслевая классификация горных пород и массивов по взрываемости (табл. 8). В этой классификации категория породы определяется по величине удельного расхода ВВ, который зависит от среднего размера отдельности, коэффициента крепости f , плотности

Таблица 5

Классификация физико-механических свойств горных пород

Наименование и характеристика грунтов	Средняя плотность грунтов в естественном залегании, кг/м ³	Время чистого бурения 1 м шпура бурильным молотком ПП-36, мин	Группа грунтов или пород по СНИПУ
Алевролиты:			
низкой прочности	1500	3,1	IV
малопрочные	2200	3,2–3,9	V
Ангидрид прочный	2900	4–5,3	VI
Аргиллиты:			
плитчатые, малопрочные	2000	3,2–3,9	V
массивные, средней прочности	2200	4–5,3	VI
Бокситы средней прочности	2600	4–5,3	VI
Гипс малопрочный	2200	3,1	IV
Глина:			
мягко- и тугопластичная без примесей	1800	—	II
то же, с примесью щебня, гальки, гравия или строительного мусора до 10 %	1750	—	II
то же, с примесью более 10 %	1900	—	III
полутвердая	1950	—	III
твердая	1950–2150	—	IV
Гравийно-галечные грунты при размере частиц, мм			
< 80	1750	—	II
> 80	1950	—	III
Грунт растительного слоя:			
без корней и примесей	1200	—	I
с корнями кустарника и деревьев	1200	—	II
с примесью гравия, щебня или строительного мусора до 10 %	1400	—	II
Грунты вечномёрзлые и сезонномёрзлые моренные, аллювиальные; делювиальные и пролювиальные отложения:			
растительный слой, торф, заторфованные грунты;	1150	—	IV
пески, супеси, суглинки и глина без примесей	1750	—	IV
Грунты ледникового происхождения (моренные), аллювиальные, делювиальные и пролювиальные отложения:			
моренная глина с содержанием крупнообломочных включений до 10 %	1800	—	III
то же, с содержанием крупнообломочных включений 10–35 %	2000	—	IV
пески, супеси и моренные суглинки с содержанием крупнообломочных включений до 10 %	1800	—	II
то же, с содержанием крупнообломочных включений 10–35 %	2000	—	IV

Продолжение табл. 5

Наименование и характеристика грунтов	Средняя плотность грунтов в естественном залегании, кг/м ³	Время чистого бурения 1 м шпура бурильным молотком ПП-36, мин	Группа грунтов или пород по СНиПУ
грунты всех видов с содержанием крупнообломочных включений 35—50 %	2100	—	V
то же, с содержанием крупнообломочных включений 50—65 %	2300	—	VI
то же, с содержанием крупнообломочных включений более 65 %	2500	—	VII
пески, супеси, суглинки и глины с примесью гравия, гальки, дресвы и щебня до 20 % и валунов до 10 %	1950	—	V
моренные грунты, аллювиальные, делювиальные и пролювиальные отложения с содержанием крупнообломочных включений до 35 %	2000	—	V
то же, с примесью гравия, гальки, дресвы, щебня, более 20 % и валунов более 10 %, гравийно-галечные и щебенисто-дресвяные грунты, а также моренные грунты, аллювиальные, делювиальные и пролювиальные отложения с содержанием крупнообломочных включений 35—50 %	2100	—	IV
Грунты ледникового происхождения (моренные), аллювиальные, делювиальные и пролювиальные отложения:			
моренные грунты, аллювиальные, делювиальные и пролювиальные отложения с содержанием крупнообломочных включений 50—65 %	2300	—	VII
то же, с содержанием крупнообломочных включений более 65 %	2500	—	VIII
Диабаз:			
сильновыветрившийся, малопрочный	2600	6,8—9	VIII
слабовыветрившийся, прочный	2700	9,1—11,4	IX
не затронутый выветриванием, очень прочный	2800	11,5—15,2	X
не затронутый выветриванием, очень прочный	2900	15,3	XI
Доломит:			
мягкий, пористый выветрившийся, средней прочности	2700	4—5,3	VI
прочный	2800	5,4—6,7	VII
очень прочный	2900	6,8—9	VIII
Дресва в коренном залегании (элювий)	2000	3,2—3,9	V
Дресвяный грунт	1800	3,1	IV

Продолжение табл. 5

Наименование и характеристика грунтов	Средняя плотность грунтов в естественном залегании, кг/м ³	Время чистого бурения 1 м шпура бурильным молотком ПП-36, мин	Группа грунтов или пород по СНиПУ
Змеевик (серпентин):			
выветрившийся, малопрочный	2400	3,2—3,9	V
средней прочности	2500	4—5,3	VI
прочный	2600	5,4—6,7	VII
Известняк:			
выветрившийся, малопрочный	1200	3,2—3,9	V
мергелистый, средней прочности	2300	4—5,3	VI
мергелистый, прочный	2700	5,4—6,7	VII
доломитизированный, прочный	2900	6,8—9	VIII
окварцованный, очень прочный	3100	9,1—11,4	IX
Кварцит:			
сильновыветрившийся, средней прочности	2500	5,4—6,7	VII
средневыветрившийся, прочный	2600	6,8—9	VIII
слабовыветрившийся, очень прочный	2700	9,1—11,4	IX
невыветрившийся, очень прочный	2800	11,5—15,2	X
невыветрившийся, мелкозернистый, очень прочный	3000	15,3	XI
Конгломераты и брекчии:			
на глинистом цементе, средней прочности	2100	3,1—3,9	V
на известковом цементе, прочные	2300	4—5,3	VI
на кремнистом цементе, прочные	2600	5,4—6,7	VII
то же, очень прочные	2900	6,8—9	VIII
Коренные глубинные породы (граниты, гнейсы, диориты, сиениты, габбро и др.):			
крупнозернистые, выветрившиеся и дресвяные, малопрочные	2500	3,2—3,9	V
среднезернистые, выветрившиеся, средней прочности	2600	4—5,3	VI
мелкозернистые, выветрившиеся, прочные	2700	5,4—6,7	VII
крупнозернистые, не затронутые выветриванием, прочные среднезернистые, не затронутые выветриванием, очень прочные	2800	6,8—9	VIII
мелкозернистые, не затронутые выветриванием, очень прочные	2900	9,1—11,4	IX
мелкозернистые, не затронутые выветриванием, очень прочные	3100	11,5—15,2	X
порфировые, не затронутые выветриванием, очень прочные	3300	15,3	XI
Коренные излившиеся породы (андезиты, базальты, порфириты, трахиты и др.):			
сильновыветрившиеся, средней прочности	2600	5,4—6,7	VII
слабовыветрившиеся, прочные	2700	6,8—9	VIII
со следами выветривания, очень прочные	2800	9,1—11,4	IX

Продолжение табл. 5

Наименование и характеристика грунтов	Средняя плотность грунтов в естественном залегании, кг/м ³	Время чистого бурения 1 м шпура бурильным молотком ПП-36, мин	Группа грунтов или пород по СНиПУ
без следов выветривания, очень прочные	3100	11,5—15,2	X
то же, очень прочные	3300	15,3	XI
Кремень, очень прочный	3300	15,3	XI
Лесс:			
мягкопластичный	1600	—	I
тугопластичный	1800	—	II
твердый	1800	—	III
Мел:			
низкой прочности	1550	3,1	IV
малопрочный	1800	3,2—3,9	V
Мергель:			
низкой прочности	1900	3,1	IV
малопрочный	2300	3,2—3,9	V
средней прочности	2500	4—5,3	VI
Мрамор, прочный	2700	5,4—6,7	VII
Опока	1900	3,1	V
Пемза	1100	3,2—3,9	V
Песок:			
без примесей	1600	—	I
то же, с примесью гальки, щебня, гравия или строительного мусора до 10 %	1600	—	I
то же, с примесью более 10 %	1700	—	II
барханный и дюнный	1600	—	II
Песчаник:			
выветрившийся, малопрочный	2200	3,2—3,9	V
глинистый, средней прочности	2300	4—5,3	VI
на известковом цементе, прочный	2500	5,4—6,7	VII
на известковом или железистом цементе, прочный	2600	6,8—9	VIII
Песчаник:			
на кварцевом цементе, очень прочный	2700	9,1—11,4	IX
кремнистый, очень прочный	2700	11,5—15,2	X
Ракушечник:			
слабосцементированный, низкой прочности	1200	3,1	IV
сцементированный, малопрочный	1800	3,2—3,9	V
Сланцы:			
выветрившиеся, низкой прочности	2000	3,1	IV
глинистые, малопрочные	2600	3,2—3,9	V
средней прочности	2800	4—5,3	VI
окварцованные, прочные	2300	5,4—6,7	VII
песчаные, прочные	2500	6,8—9	VIII
окремненные, очень прочные	2600	11,5—15,2	X
кремнистые, очень прочные	2600	15,3	XI

Продолжение табл. 5

Наименование и характеристика грунтов	Средняя плотность грунтов в естественном залегании, кг/м ³	Время чистого бурения 1 м шпура бурильным молотком ПП-36, мин	Группа грунтов или пород по СНиПУ
Солончак и солонец:			
пластичные	1600	—	II
твердые	1800	3,1	IV
Суглинок:			
мягкопластичный без примесей, то же, с примесью гальки, щебня, гравия или строительного мусора до 10 % и тугопластичный без примесей	1700	—	I
мягкопластичный с примесью более 10 %, тугопластичный с примесью до 10 %, а также полутвердый и твердый без примеси и с примесью до 10 %	1750		II
полутвердый и твердый с примесью щебня, гальки, гравия или строительного мусора более 10 %	1950	—	III
Супесь:			
пластичная без примесей, твердая без примесей, а также пластичная и твердая с примесью щебня, гальки, гравия или строительного мусора до 10 %	1650	—	I
твердая и пластичная с примесью более 10 %	1800	—	II
Торф:			
без древесных корней	800—1000	—	I
с древесными корнями толщиной, мм: до 30	850—1100	—	II
более 30	900—1200	—	II
Трепел:			
низкой прочности	1550	3,1	IV
малопрочный	1770	3,2—3,9	V
Туф	1100	3,2—3,9	V
Чернозем и каштановый грунт:			
пластичный	1300	—	I
пластичный с корнями кустарника	1300	—	II
твердый	1200	—	III
Щебень при размере частиц, мм, не более:			
40	1750	—	II
150	1950	—	III
Шлак:			
котельный рыхлый	700	—	I
котельный слежавшийся	700	—	II
металлургический выветрившийся	700	—	III
металлургический неветрившийся	1500	3,1	IV

Примечание. Плотность грунтов указана в соответствии с ГОСТ 25100—82.

Таблица 6

Время чистого бурения 1 м скважины буровыми станками в скальных грунтах, мин

Буровой станок	Марка станка	Длина лезвия долота, коронки, резца, мм	Группа грунтов по СНиПу-IV-2-82							
			IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
С погруженным пневмодударником	СБМК-5	105	2,3	2,4-3,4	3,5-5,9	6-9,4	9,5-15,7	15,8-25,6	25,7-42,1	42,24
	СБУ-100Г	105	4	4,1-5,3	5,4-8,2	8,3-11,5	11,6-17,2	17,3-24,5	24,6-36	36
	1СБУ-125	125	4,2	4,3-5,7	5,8-8,8	8,9-12,3	12,4-18,2	18,3-26,1	26,2-28,2	38,2
	ШПА-2	105	4,2	4,3-5,7	5,8-8,6	8,7-12,1	12,2-18	18,1-25,7	25,8-37,8	37,8
	УРАЛ-64	160	2,3	2,4-3	3,1-4,7	4,8-4,7	6,5-9,7	9,8-14,6	14,7-24,3	24,3
Шарошечного бурения	2СБШ-200Н	215,9	1,5	1,6-2	2,1-3,1	3,2-4,6	4,7-7,1	7,2-11,6	11,6	-
	2СБШ-200	215,9	1,7	1,8-2,4	2,5-3,9	4-5,8	5,9-8,9	9-14,6	14,6	-
	БТС-150А	146	1,9	2-2,8	2,9-4,5	4,6-6,4	6,5-10,1	10,2-16,4	16,4	-
	СВБ-2М	160	1,7	2-2,9	3-5,3	5,4-8,7	8,8-15	15,1-27,7	27,7	-
Вращательного бурения	УГБ-50М	135	0,8	0,9-1,3	1,4-2,6	-	-	-	-	-
		151,5	1,3	1,4-2,4	2,5-4,5	-	-	-	-	-
		244,3	1,4	1,5-2,7	2,8-5	-	-	-	-	-
	БС-1М	215,9	9	9,1-11,9	12-17,4	17,5-24,9	25-38,6	38,7-56,3	56,4-91,2	91,2

Таблица 7

Классификация массивов горных пород по степени трещиноватости

Категория трещиноватости	Степень трещиноватости (блочности) массива	Среднее расстояние между естественными трещинами всех систем, м	Акустический показатель трещиноватости массива	Содержание (%) в массиве отдельных размеров, мм		
				+300	+700	+1000
I	Чрезвычайно трещиноватый (мелкоблочный)	0,1	0—0,1	10	0	0
II	Сильнотрещиноватый (среднеблочный)	0,1—0,5	0,1—0,25	10—70	30	5
III	Среднетрещиноватый (крупноблочный)	0,5—1	0,25—0,4	70—100	30—80	5—40
IV	Малотрещиноватый (весьма крупноблочный)	1—1,5	0,4—0,6	100	80—100	40—100
V	Практически монолитный (исключительно крупноблочный)	1,5	0,6—1	100	100	100

Таблица 8

Расчетный удельный расход ВВ, кг/м³

Грунт	Группа грунтов по СНиПу IV—2—82	Заряд	
		нормального рыхления	нормального выброса
Песок	I	—	1,6—1,8
Плотный или влажный песок	I—II	—	1,2—1,3
Тяжелый суглинок	II	0,35—0,4	1,3—1,8
Меловая глина	III	0,35—0,45	1,2—1,8
Лесс	III—IV	0,3—0,4	0,9—1,2
Мел, выщелоченный мергель	IV—V	0,2—0,4	0,9—1,2
Гипс	IV	0,35—0,45	1,1—1,5
Известняк-ракушечник	V—VI	0,35—0,6	1,4—1,8
Опока, мергель	IV—VI	0,3—0,4	1—1,3
Трещиноватые, плотные туфы, тяжелая пемза	V	0,35—0,5	1,2—1,5

Грунт	Группа грунтов по СНиПу—IV—2—82	Заряд	
		нормального рыхления	нормального выброса
Конгломерат, брекчии на известковом и глинистом цементе	IV—VI	0,35—0,45	1,1—1,4
Песчаники на глинистом цементе, сланец, глинистый, серицитовый мергель	VI—VII	0,4—0,55	1,2—1,6
Доломит, известняк, магнезит, песчаник на известковом цементе	VII—VIII	0,4—0,6	1,2—1,8
Известняк, песчаник, мрамор	VII—IX	0,4—0,8	1,2—2,2
Гранит, гранодиорит	VIII—IX	0,5—0,8	1,7—2,1
Базальт, диабаз, андезит, габбро	IX—XI	0,6—0,85	1,7—2,2
Кварцит	X	0,5—0,8	1,6—2
Порфирит	X	0,6—0,8	2—2,3

Таблица 9

Классификация пород по взрываемости на карьере ЮГОКа

Порода	Коэффициент крепости пород f	Категория взрываемости пород	Плотность пород, t/m^3	Коэффициент трещиноватости	Средний удельный расход ВВ, kg/m^3
Выветрелые сильно трещиноватые, кварцево-хлоритовые и кварцево-амфиболовые сланцы выщелоченные, сильно трещиноватые мармитовые и лимонито-мармитовые роговики	6—10	I	3,0	1,25—1,3	0,45—0,5
Затронутые выветриванием трещиноватые магнетито-карбонато-силикатные роговики и кварцево-хлоритовые сланцы, а также трещиноватые, частично выщелоченные мармитовые и лимонито-мармитовые роговики	10—12	II	3,2	1,2—1,25	0,50—0,56
Карбонатно-магнетитовые роговики сильно трещиноватые, трещиноватые мармито-магнетитовые и мармитовые роговики. Слаботрещиноватые магнетито-карбонатно-силикатные рогови-	12—16	III	3,3	1,15—1,2	0,59—0,65

Порода	Кoeffициент крепости пород f	Категория взрываемости пород	Плотность пород, т/м ³	Кoeffициент трещиноватости	Средний удельный расход ВВ, кг/м ³

ки, переслаивание безрудного роговика со сланцем (сланцевые прослойки до 50 см)

Магнетитовые, гематитомангнетитовые и карбонатно-магнетитовые роговики плотные, слаботрещиноватые, мартитомангнетитовые и мартитовые роговики весьма плотные, слаботрещиноватые	16—18	IV	3,4	1,12—1,15	0,65—0,7

Исключительно крепкие, магнетитовые и гематитомангнетитовые роговики тонко- и неясно-полосчатые, монолитные, нетрещиноватые	18—20	V	3,4	1,1—1,12	0,75—0,85

пород, допустимого размера кондиционного куска равного 1000 мм, принятого диаметра заряда 250 мм и эталонного ВВ с теплотой взрыва 4190 кДж/кг. Если изменяются условия, принимаются соответствующие поправочные коэффициенты.

Исходя из междутраслевой классификации горных пород и массивов по взрываемости на горных предприятиях применительно к конкретным условиям разрабатываются местные классификации (табл. 9).

РАЗДЕЛ II

БУРОВЫЕ РАБОТЫ

Глава II

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О БУРОВЫХ РАБОТАХ

§ 4. Назначение буровых работ

Процесс искусственного образования цилиндрической полости (выработки) в горных породах или полезных ископаемых называется бурением.

Бурение производится для создания в породах углублений и полостей, в которых размещают ВВ, а также используемых для разведки полезных ископаемых, водоснабжения промышленных объектов и городов и других целей.

Шпуром называется пробуренная в породе цилиндрическая полость глубиной до 5 м и диаметром до 75 мм. Шпуры бурят для разрушения негабаритных блоков горных пород, для выравнивания подошвы уступа, при проходке горных выработок и на очистных работах, а также для разрушения различных объектов при строительстве сооружений и во многих других случаях.

Бурение шпуров эффективно при добыче штучного камня, при создании гладкого неразрушенного откоса, при проходке каналов и траншей методом контурного взрывания. Широко используется бурение шпуров при рыхлении мерзлых грунтов, корчевке пней, валке деревьев, обрушении зданий и др.

Скважиной называется горная выработка цилиндрической формы глубиной свыше 5 м и диаметром более 75 мм.

Скважины бурят при добыче всех видов полезных ископаемых на карьерах. По направлению скважины бурят вертикальными, горизонтальными и наклонными.

§ 5. Классификация способов бурения шпуров и скважин

Методы разрушения горных пород при бурении шпуров и скважин можно разделить на три группы: механические; физико-механические и комбинированные (табл. 10). При бурении шпуров и скважин в горных породах чаще всего используют механические методы разрушения, которые в зависимости от характера работы инструмента в забое и приложения силовых нагрузок используются в четырех способах бурения: вращательном, ударном, ударно-вращательном и вращательно-ударном.

При вращательном способе бурения горная порода на забое скважины разрушается в результате движения инструмента, имеющего форму резца. Такое движение является результатом сочетания вращательного и поступательного движений. Вращательно-поступательное движение инструмента на забое шпура или скважины происходит в результате приложения к буровому инструменту большого крутящего момента M и больших осевых усилий P . Ударные нагрузки при этом отсутствуют. Величина забойной мощности у машин вращательного бурения зависит от крутящего момента M и осевого усилия P , а ударная забойная мощность $N_y = 0$.

Этот способ используется в сверлах и станках вращательного (шнекового) бурения. При бурении шарошечными долотами с частотой вращения 80–150 об/мин разрушение породы происходит вследствие статического раздавления среды. Это дает основание бурение шарошечными долотами отнести к вращательному способу.

При ударном бурении инструмент, заточенный в виде клина, внедря-

Таблица 10

Классификация способов бурения шпуров и скважин

Методы разрушения	Способ бурения	Буровое оборудование
Механические	Вращательный	Бурение ручными сверлами Бурение колонковыми сверлами Бурение долотами, армированными твердыми сплавами Бурение шарошечными долотами
	Ударный	Бурение ударно-канатными станками Бурение ручными перфораторами Бурение колонковыми перфораторами Бурение телескопическими перфораторами
	Ударно-вращательный	Бурение погружными пневмударниками
	Вращательно-ударный	Бурение машинами вращательно-ударного действия
	Огневой	Бурение станками огневого бурения
Физико-механические	Взрывной	То же
	Гидравлический	— " —
	Плазменный	— " —
Комбинированные	Термоударный	Бурение комбинированным инструментом огневого и ударного типа
	Термошарошечный	Бурение комбинированным инструментом огневого и шарошечного типа
	Электроударный	—

зается в породе под действием кратковременного ударного усилия, направленного по оси скважины. Статическое осевое усилие отсутствует или незначительно. Это усилие необходимо для того, чтобы инструмент находился в контакте с забоем скважины. После совершения удара инструмент отскакивает от забоя и должен быть повернут на некоторый угол для нанесения удара по новому месту забоя. Крутящий момент, необходимый для поворота инструмента имеет незначительную величину. Ударная мощность N_y составляет более 90 % общей мощности, расходуемой на забой, т.е. $N_y \geq 10N_b$, где N_b — мощность, расходуемая на вращение.

При бурении пород более высокой крепости используется ударно-вращательный способ бурения, в котором сочетаются достоинства ударного способа (при ударном приложении нагрузки породы лучше разрушаются) и вращательного (при вращении инструмента по забою лучше происходит его очистка). При ударе инструмента происходит разрушение забоя, а в результате его вращения происходит разрушение небольшой части породы резанием и удаление буровой мелочи. При этом способе бурения ударная забойная мощность машины всегда больше вращательной забойной мощности.

При вращательно-ударном способе бурения основное разрушение

происходит при вращении инструмента и мощность механизма вращения всегда больше мощности ударного механизма. Этот способ используется в станках вращательно-ударного действия, применяемых при подземной добыче полезных ископаемых.

При взрывном способе бурения разрушение забоя происходит от действия взрыва, при гидравлическом — от удара воды, при плазменном — от удара струи плазмы. Эти способы бурения находятся в стадии научной разработки. Среди новых способов бурения промышленное значение имеет огневое бурение.

При огневом бурении горные породы на забое скважины разрушаются высокотемпературными газовыми струями. Под воздействием теплового потока на поверхности забоя скважины создаются напряженные слои породы, которые отделяются от массива в виде мелких частиц. Разрушенные частицы породы отработанными газами и парами выносятся из скважины на поверхность.

Для бурения взрывных скважин на открытых горных работах в соответствии с ГОСТ промышленностью выпускаются буровые станки следующих типов: СБР — станки вращательного (шнекового) бурения резцовыми коронками с очисткой забоя шнеком; СБШ — станки вращательного бурения шарошечными долотами с очисткой скважины воздухом (шарошечного бурения); СБУ — станки ударно-вращательного бурения погружными пневмоударниками с очисткой скважины воздухом (пневмоударного бурения); СБК — станки ударно-канатного бурения с очисткой скважины желонкой; СБО — станки огневого бурения реактивными горелками с очисткой скважины парогазом (термического бурения).

Типоразмеры буровых станков для карьеров по ГОСТ и области их применения в зависимости от крепости добываемых пород приведены в табл. 11.

Таблица 11

Основные параметры станков для карьеров

Способ бурения	Типоразмер станка	Номинальный диаметр скважины, мм	Диаметр скважины по долоту, м	Глубина буримой скважины, м	Масса станка, т	Область применения в породах с коэффициентом крепости f
Шнековый	СБР-125	125	115	24	2	2—5
	СБР-160	160	160	24	12	2—6
Ударно-вращательный	СБУ-125	125	105	24	7	10—16
	СБУ-160	160	160	32	16	12—18
Шарошечный	СБШ-200	200	190—244	32—40	50—55	6—12
	СБШ-250	250	244—269	32—55	65—85	8—14
	СБШ-320	320	320—393	20—55	150	10—18
Огневой	СБО-20	118—220	—	20	40	14—20
Ударно-канатный	СБК	300	—	100	24	10—18

§ 6. Общие сведения о станках вращательного бурения

Вращательное бурение скважин с использованием принципа резания имеет широкое распространение на карьерах по добыче угля, гипса, слабых известняков и других полезных ископаемых с коэффициентом крепости $f = 2 \div 6$. При данном способе бурения создаются возможности бурить скважины с более высокой производительностью, чем при других способах бурения.

При вращательном бурении скважин резец бурового инструмента скалывает и срезает породу, а образовавшиеся при этом продукты разрушения выдаются из скважины спиральным шнеком. Поэтому этот способ бурения называется шнековым.

Достоинства вращательного бурения скважин: высокая скорость бурения; не требуется промывка и продувка скважины; небольшая масса и невысокая стоимость бурового оборудования и инструмента; низкая стоимость буровых работ.

При вращательном бурении скважин буровой инструмент одновременно находится под действием двух усилий; усилие, действующее вдоль оси скважины, прижимающей и погружающей резец в породу забоя; усилие, вращающее буровой инструмент и производящее разрушение и очистку забоя. При вращательном бурении в основном используется принцип резания породы острыми гранями резцов и перьев долот.

Высокая скорость бурения достигается вследствие эффективной очистки забоя от разрушенной породы с помощью шнека.

§ 7. Разрушение пород при вращательном бурении

В области теоретических основ вращательного бурения наиболее значительными являются исследования, выполненные В.Г. Михайловым, О.Д. Алимовым, Э.О. Миндели, И.А. Остроушко, В.В. Царицыным и др.

На основании выполненных работ было установлено, что механизм разрушения пород при вращательном бурении носит характер периодического скола с резкими колебаниями усилий на лезвие инструмента от максимума до минимума. Это объясняется тем, что элементарный цикл разрушения характеризуется двумя периодами.

Первый период — период формирования перед режущей гранью главной величины давления без существенного продвижения резца. В этот период усилия на лезвии и потребляемая мощность станка увеличиваются до максимума.

Второй период — период скола главного объема элемента разрушаемой породы. При этом сопротивление породы и потребляемая мощность резко снижаются до минимума. Резец проходит некоторый участок

до встречи с ненарушенной породой, нанося при этом удар по породе. Сопротивление движению резца снова быстро увеличивается до максимума. Цикл разрушения повторяется.

Для каждой породы характерны оптимальные величины осевого усилия и частоты вращения инструмента, при которых разрушение происходит с наибольшей эффективностью.

Теоретические расчеты сводятся к определению величин осевого усилия и глубины внедрения или скорости бурения, предполагая движение резца при разрушении породы по винтовой линии. Под действием осевого усилия инструмент внедряется в породу. Дальнейшее разрушение породы происходит под действием крутящего момента и осевого усилия.

Скорость бурения (мм/мин) в единицу времени

$$v_6 = hmn,$$

где m — число резцов; n — частота вращения, об/мин; h — слой породы, снимаемой с забоя за каждый проход лезвия резца, мм.

Рассчитанная величина скорости бурения сравнивается с нормативной величиной и корректируется на основании опыта работы станков.

§ 8. Технические характеристики и конструктивные особенности станков

Станки вращательного бурения применяются при бурении скважин на разрезах и на карьерах нерудных полезных ископаемых. Основным недостатком станков вращательного бурения является ограниченность их применения в породах с коэффициентом крепости $f = 2 \div 6$. Применение этих станков в породах более крепких приводит к значительному износу бурового инструмента, снижению их производительности и в конечном счете их применение становится экономически невыгодным.

Наиболее широко на карьерах применяют станки 1СБР-125, 2СБР-125, СБВ-2М и СБР-160-А-24.

Техническая характеристика станков вращательного бурения

Типоразмер станка	СБВ-2М	1СБР-125	2СБР-125	СБР-160-А-24
Диаметр скважины, мм	150	125	125	160—200
Максимальная глубина бурения, м	25	25	29	24
Угол наклона скважины к вертикали, градус	—	—	0; 15; 30	—
Ходовой механизм станка	Гусеничный	Шагающий	Гусеничный	Гусеничный
Частота вращения бурового инструмента, об/мин	120, 200	220	120, 200	80, 124, 160, 248
Скорость подъема бурового инструмента, м/с	0,16	0,2	0,36	0,5
Скорость передвижения станка, км/ч	1,36	0,3	1,36	1,36

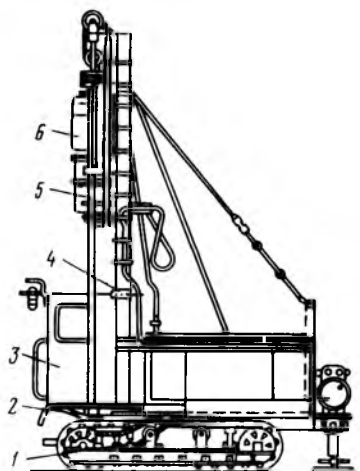
Осевое усилие на забой, кН . . . 50	10	50	80
Общая установленная мощность электродвигателей, кВт 61	24,8	122,8	184
Размеры станка в рабочем положении, мм:			
длина 4300	3360	5200	4130
ширина 2850	1970	3500	2810
высота 6070	4250	7200	6030
Масса комплекта буровых штанг, кг. 50	300	500	500
Масса станка, т 10,0	2,0	10,0	24,9

Буровой станок СБР-160-А-24 является наиболее современным станком вращательного бурения (рис. 1). Он состоит из гусеничного ходового механизма 1, рамы 2, на которой смонтирована кабина 3, мачты 4, направляющих 5, вращателя 6 со штангой и гидравлической системой.

Гусеничный ход ХГ-30 снабжен индивидуальным приводом, крутящий момент от которого передается ходовым звездочкам через цилиндрический редуктор с передаточным отношением 180. Над ходовой частью размещена рама, на которой смонтировано все оборудование и кабина.

Мачта станка длиной 11 м выполнена в виде пространственной фермы прямоугольного сечения. Внизу мачта оканчивается сварной плитой, которая усилена ребрами. Внутри мачты по направляющим перемещается вращатель, который передает крутящий момент буровому ставу.

Вращатель состоит из двухскоростного асинхронного электродвигателя и редуктора. Внутри мачты помещается кассета, в которой размещены буровые штанги. На нижнем кронштейне кассеты установлены стаканы, имеющие пружины. В нижней части мачты имеется штанговый захват, который состоит из вилки и гидроцилиндра. Вилка перемещается в направляющих пазах нижнего люнета, размещенного на нижней плите мачты. Станок оборудован канатной системой подачи инструмента.



Канаты связаны с вращателем системой блоков, находящихся на мачте. Барабан лебедки оборудован двумя приводами, один из которых снабжен системой плавного регулирования. Лебедка подъема вращателя оборудована электрогидравлическим тормозом, электромагнитной муфтой и электродвигателем постоянного тока П-41. Подъем и опускание бурового снаряда выполняются асинхронным двигателем.

Гидравлическая система станка обеспечивает выполнение следующих операций: подъем и опускание мачты, горизонтирование станка, перемещение штанг, захват и удержание их при сборке и разборке бурового става, а также работу гидроцилиндров вращателя. Система имеет предохранительный клапан и пластинчатый фильтр. В сливных линиях гидродомкратов установлены дроссельные шайбы, обеспечивающие плавность работы гидродомкратов. Давление в гидравлической системе станка контролируется манометрами.

Питание станка электроэнергией происходит от сети напряжением 380 В, цепь управления имеет напряжение 220 В, а система освещения станка — 12 В. Все пусковое и исполнительное оборудование станка размещено в кабине станка. Станок оборудован системой обогрева и может эксплуатироваться при температуре от $+40$ до -40°C .

Буровой станок СБР-125 состоит из рамы 1, вращателя 6, мачты 7, механизма шагания 4, пульта управления 2, привода 3 и штанги 5 (рис. 2).

Рама станка имеет шагающий механизм, в передней части рамы на шарнирах прикреплена мачта, состоящая из двух труб. На вершине мачты укреплены блоки механизма напора и подъема. В основание мачты крепится забурник. Подъем и опускание мачты выполняется лебед-

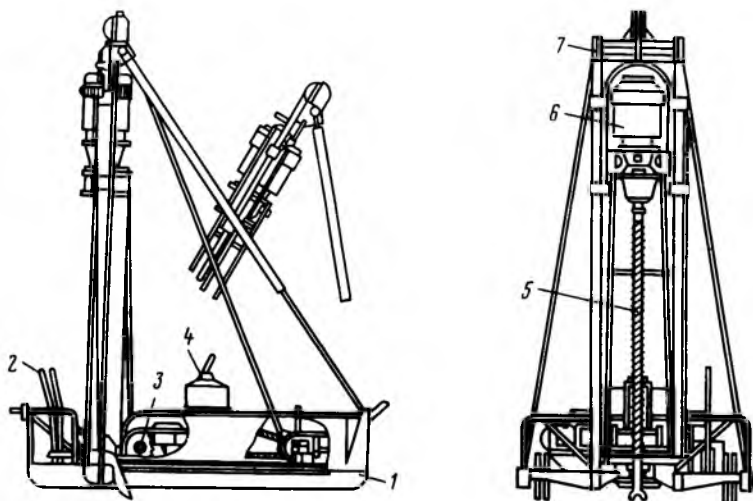


Рис. 2. Буровой станок СБР-125

кой. Станок снабжен кассетным устройством из комплекта буровых штанг (шнеков). Вращатель состоит из двигателя и 2-ступенчатого редуктора с цилиндрическими колесами. Подъем вращателя выполняется лебедкой, оборудованной ленточным тормозом. Барабан подъемной лебедки имеет диаметр 180 мм, диаметр каната 11 мм, длина каната 10 м. Принудительное давление инструмента на забой скважины выполняется с помощью напорного каната, пропущенного через блок подвески вращателя, его концы жестко закреплены на барабанах напорной лебедки.

В передней части станка для защиты от вращающегося шнека установлено сетчатое ограждение. Открыть дверку сетчатого ограждения можно только при остановленном двигателе. Если дверь открылась, срабатывают выключатели и двигатель останавливается.

Управление станком производится рычагами тормоза, фрикциона подъемной лебедки, рычагом напорной лебедки и кнопкой пуска двигателя вращения. Механизм шагания включается отдельным рычагом.

Станок снабжен двумя электродвигателями напряжением 380 В, двумя магнитными пускателями и трехпозиционными пультами управления. Электродвигатели имеют тепловую защиту от перегрузок. Имеется также аварийный кнопочный пост "Стоп".

Буровой станок 2СБР-125 предназначен для бурения вертикальных и наклонных взрывных скважин в породах с $f \leq 8$ со шнековой и шнеково-воздушной очисткой скважин. При необходимости станок можно также использовать для бурения скважин шарошечным и режуще-ударным инструментом диаметром 118—125 мм с гладкими анкерами с продувкой скважин воздухом. Основные узлы бурового станка: рабочий орган, ходовой механизм, кабина, гидросистема, электрооборудование и пылеулавливающая установка. Ходовая часть — гусеничная тележка от бурового станка СВБ-2М с приводом от двух лопастных гидродвигателей. Рабочий орган состоит из мачты, по которой перемещается вращательно-подающий механизм, и кассеты, установленной внутри мачты. В нижней части мачты смонтированы люнет, центратор, ключ и механизм для удаления буровой мелочи от устья скважины. Вдоль направляющих мачты проходят двухрядные втулочно-роликовые цепи, с которыми сцеплены ведущие звездочки механизма подачи. Вращение звездочек определяет направление перемещения вращательно-подающего механизма вдоль мачты. Верхние и нижние концы цепей укреплены к основаниям мачты через пружинные амортизаторы. Кассета барабанного типа рассчитана на установку шести шнековых штанг или кладки труб. Вращательно-подающий механизм: планетарный редуктор вращателя (привод от гидромотора МН-250/100), концевая муфта, установленная на выходном валу редуктора, и два редуктора механизма подачи. Редукторы, приводимые от гидромоторов, обеспечивают вращение приводных звездочек. На приводных валах редукторов вращателя и подачи установлены датчики тахометра для контроля с пульта управления час-

тоты вращения бурового снаряда и скорости подачи. Гидравлическая система станка: маслобак, гидроаппаратура и три насоса шестереночного типа.

§ 9. Буровой инструмент

Буровой инструмент станков вращательного бурения состоит из нескольких последовательно соединенных штанг и долота.

Посредством штанг передается крутящий момент на резец, осевое усилие на забой и выдается буровая мелочь из скважины. Штанга представляет собой металлическую трубу, на которую по винтовой линии наварены металлические полосы (рис. 3). Шаг спирали шнека выбирается в зависимости от физико-механических свойств буримых пород, а также от частоты вращения анкера. Для пород мягких и влажных наиболее приемлем уменьшенный шаг спирали l , который зависит от диаметра шнека D и равен $(0,5-0,7) D$. Для сухих и крепких пород шаг спирали определяется из зависимости $l = (0,86 \div 1,0) D$.

Замковые соединения шнеков для станков со шнеково-воздушной очисткой скважин выполнены с проходными продольными каналами для сжатого воздуха.

Конструкция долота определяется свойствами буримых пород. Для повышения износостойкости долот режущие грани его армируются твердым сплавом. Долота, применяемые для вращательного бурения, по конструкции и принципу работы могут быть со сплошной или прерывистой режущей кромкой, а также со съёмными резцами.

Долота со сплошной режущей кромкой наиболее широко применяются при бурении пород вскрыши и углей. Их недостатками являются сравнительно большая длина режущей кромки, высокая трудоемкость армировки и значительный расход твердого сплава. Долото Карпинского завода отливается из стали 35Л, а режущие кромки его армируются наплавкой рэлитом (рис. 4). Стойкость такого долота при 8—20 заточках достигает 3500 м скважины.

Для уменьшения энергоемкости процесса разрушения породы целесообразно применение долот со ступенчатой формой режущей кромки,

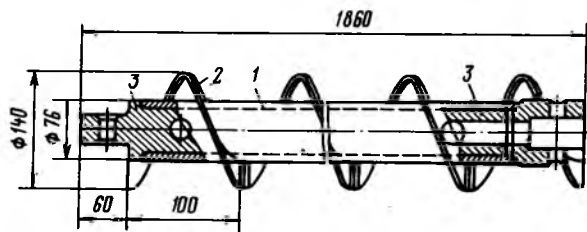
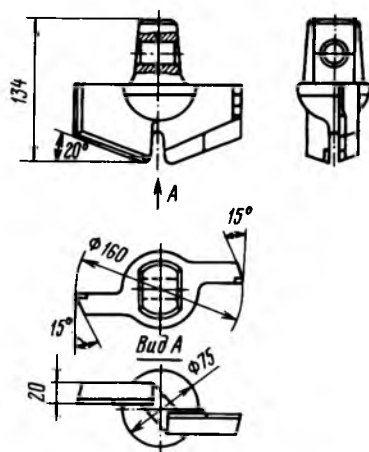


Рис. 3. Шнековая штанга:

1 — металлическая труба; 2 — шнеки для выдачи буровой мелочи; 3 — металлические вставки

Рис. 4. Долото со сплошной режущей кромкой



создающих разрыв сплошности забоя. Весьма эффективны долота, армируемые шестью — восемью съемными резами. Лопастное режущее долото СВР-2-23-03МЗ имеет литой корпус с лопастями, смещенными относительно оси штанги, пластины твердого сплава впаяны во фрезерованные открытые пазы.

Техническая характеристика долот

Типоразмер долот	СВР-2-23-03МЗ	2ЛШ-158,7МС	РП-120
Тип бурового станка	СВБ-2М; СБР-160	СВБ-2М; СБР-160	СБР-125
Допускаемое осевое усилие, кН.	50	50	25
Крепость пород, не более. . .	5	5	4
Диаметр, мм	161	158,7	120
Высота, мм	130	136	215
Масса, кг:			
долота	2,9	2,4	1,2
твердого сплава	0,18	0,18	0,173
Число резцов в долоте	—	—	—

Типоразмер долот	ДР-160Ш	ДР-125ШВ	Р-160	НПИ-6/160
Тип бурового станка	СБР-160	СБР-125	СБР-160	СВБ-2М
Допускаемое осевое усилие, кН.	50	25	50	50
Крепость пород, не более. . .	6	6	6	6
Диаметр, мм	161	125	160	161
Высота, мм	145	145	190	120
Масса, кг:				
долота	3,5	3,3	5,9	5,5
твердого сплава	1,47	0,95	11,18	7,35
Число резцов в долоте	4	2	4	9

Двухлопастное долото 2ЛШ-158,7 МС состоит из корпуса, в паз которого вварен хвостовик. Пластины твердого сплава ВК-8 напаиваются в открытые пазы лопастей долота.

Резец РП-120 состоит из пикообразного корпуса с приваренным шестигранным хвостовиком. Во фрезерованные открытые пазы корпуса напаяны 16 пластин твердого сплава ВК-8.

В последние годы создан ряд новых долот для станков шнекового бурения со съёмными резцами. Режущее долото ДР-160Ш предназначено для бурения скважин диаметром 160 мм в породах с коэффициентом крепости 1—6, содержащих крепкие абразивные прослойки с коэффициентом крепости 6—8 при очистке скважин воздухом, шнеками и шнеково-воздушным способом. В пазах корпуса имеются отверстия для съёмных резцов. Такое же по конструкции долото ДР-125ШВ для бурения скважин диаметром 125 мм. Режущее долото Р-160 двухступенчатое, с Х-образным расположением забурной и расширяющих лопастей, армируется четырьмя съёмными резцами, в каждом из которых три пластины твердого сплава ВК-8. Съёмные резцы крепятся к корпусу болтами. В комплект долота входит 130 съёмных резцов.

§ 10. Эксплуатация, уход за станками и режимы работы буровых станков

Безаварийная работа и длительный срок службы буровых станков вращательного бурения в значительной степени зависят от правильного режима эксплуатации, а также от профилактического осмотра, регулировки и ремонта отдельных узлов и деталей станков.

Места смазки, число точек смазки, сорта смазочного материала и периодичность смазки для буровых станков обычно указываются в специальных ведомостях смазки станка. В корпус редуктора масло заливается до уровня верхней контрольной пробки (редукторы ходового механизма и подъема) или на 0,5—0,6 высоты корпуса (редукторы вращателя).

Смазка шестерен и подшипников редукторов осуществляется разбрызгиванием масла из масляных ванн. Верхние опоры валов и шестерни первой передачи редуктора вращателя станков имеют циркуляционную принудительную смазку. Зубчатые передачи открытого типа смазываются вручную густой графитной смазкой, подъемный канат — канатной мазью ИК, оси блоков вращателя и мачты (рамы) — смазкой УТВ через масленки.

Серьезное внимание следует уделять режиму эксплуатации подшипников скольжения и качения. Войлочные и фетровые уплотнения подшипников качения необходимо раз в месяц промывать керосином и через три месяца заменять их, сами подшипники и их гнезда — промывать керосином раз в 3 месяца.

Необходимо тщательно следить за чистотой электродвигателей. Их необходимо осматривать и продувать сухим сжатым воздухом не ре-

Таблица 12

Норма выработки при бурении скважин, м/смену

Коэффициент крепости пород <i>f</i>	Глубина бурения скважин, м		
	< 5	< 10	> 10
0,3–0,5	223/245	198/215	163/175
0,8–1,0	186/218	167/192	135/156
1,2	154/184	140/165	117/134
1,6	131/159	118/140	99,7/115
2,0	109/123	99,2/111	84,6/93
2,5–3,0	89,2/98,7	83,6/91,5	71,8/77,8
3,4	79,4/84,5	70,0/79,0	61,0/67,7
4,3	61,9/70,1	58,9/66,3	51,8/57,4
5,6	61,9/58,4	49,7/55,6	43,9/48,5

Примечание. В числителе дана норма выработки при частоте вращения шпинделя 120 об/мин, в знаменателе – 200 об/мин.

же одного раза в месяц. Через 1500–2000 ч работы заменяется смазка в подшипниках электродвигателя.

Режимы вращательного бурения определяются частотой вращения бурового става и величиной осевого усилия. Режимы бурения зависят от физико-механических свойств пород и определяют скорость бурения, износ инструмента и технико-экономические показатели работы станков. Оптимальные режимы бурения определяются экспериментально, поскольку теоретические расчеты режимов бурения зависят от множества факторов и сопряжены с большими трудностями.

Скорость бурения зависит от осевого усилия, частоты вращения инструмента и глубины бурения, а их оптимальное значение определяется экономическими сравнениями. Общая закономерность разрушения при вращательном бурении заключается в том, что с увеличением крепости пород осевое усилие увеличивается, а оптимальная частота вращения уменьшается.

Нормы выработки при бурении скважин станками СББ-2М приведены в табл. 12.

Глава IV

БУРЕНИЕ СКВАЖИН СТАНКАМИ ШАРОШЕЧНОГО БУРЕНИЯ

§ 11. Общие сведения о станках шарошечного бурения

Станки шарошечного бурения широко применяются на карьерах. Принцип бурения состоит в том, что вращающиеся шарошечные долота перекатываются по забою и их зубки внедряются в породу и разрушают

ее. Процесс внедрения зубков в породу происходит под действием большого осевого усилия, передаваемого на забой через буровой став. В дальнейшем, перекатываясь по забою, зубки скалывают породу, доразрушают и измельчают ее. Продукты разрушения с забоя скважины удаляются сжатым воздухом или водой, подаваемой через буровой став.

Достоинства станков шарошечного бурения следующие: возможность бурить скважины в породах любой крепости и любых физико-механических свойств; высокая скорость и эффективность бурения; высокий уровень механизации всех процессов бурения и высокая культура производства.

Станки шарошечного бурения состоят из следующих основных узлов: ходового механизма, мачты для размещения бурового става, механизма подъема и опускания мачты, механизма подачи бурового става на забой, вращения бурового става, подъема бурового става, его разборки, наращивания и установки в рабочее положение, устройства для очистки забоя скважины, пылеулавливания, гидравлической системы, системы питания.

Мачта станка может иметь центральное или консольное расположение. При центральном расположении для создания осевого усилия используется до 80 % массы станка, при консольном — 50–60 %. Консольное расположение мачты позволяет бурить вертикальные и наклонные скважины на незначительном расстоянии от бровки уступа.

По конструкции вращательно-подающего механизма станки шарошечного бурения разделяются на станки с верхней и нижней подачей. Наиболее широко применяется схема вращательно-подающего механизма с верхней подачей и верхним вращением.

§ 12. Разрушение пород шарошечными долотами

Разрушение горных пород при бурении шарошечными долотами происходит в результате сложного движения элементов сооружения шарошек относительно разрушаемого забоя скважины: поступательное движение зубка шарошечного долота с переменной скоростью $v_{\max}$ до 0, вращательное движение зубка в процессе внедрения в породу и скольжение его по забою. Основной объем разрушения выполняется в результате вдавливания зубков долота в породу под действием осевого усилия. При вращении и скольжении зубка по забою происходит доразрушение, измельчение и очистка забоя. Характер разрушения изменяется в зависимости от физико-механических свойств пород, однако преобладающее влияние осевого усилия прослеживается в любых горных породах.

Скорость бурения (м/ч) $v_b = 60h_{\text{ср}}n$, где $h_{\text{ср}}$ — величина среднего углубления долота за один оборот, м; n — частота вращения долота, об/мин.

Рассмотренный выше метод расчета показывает, что скорость бурения шарошечными долотами зависит от многочисленных факторов,

которые можно объединить в четыре группы: свойства разрушаемой породы, параметры шарошек и долота, условия взаимодействия долота с породой и режим бурения.

Проф. К.И. Иванов предложил определять сменную производительность станка шарошечного бурения по формуле

$$L = T v_m \eta,$$

где T — длительность смены, ч; v_m — механическая скорость бурения, м/ч; η — коэффициент машинного времени или степень использования бурового станка на чистое бурение.

Коэффициент машинного времени для станка шарошечного бурения при хорошей организации работы колеблется от 0,5 до 0,7. Среднее его значение можно принимать равным 0,55—0,6.

Механическую скорость бурения определяют по формуле

$$v_m = \frac{0,01 P_{oc} n^{0,6}}{f^{1,6} D}.$$

Сменная производительность станка (м)

$$L = 0,006 T \frac{P_{oc} n^{0,6}}{f^{1,6} D},$$

где T — продолжительность смены, ч; P_{oc} — осевое усилие, Н; n — частота вращения долота, об/мин; f — коэффициент крепости пород по шкале проф. М.М. Протодяконова; D — диаметр долота, мм.

При инженерных расчетах механическая скорость бурения определяется по формуле

$$v_m = 240 \frac{P_{oc} n}{P_k D},$$

где P_k — контактная прочность горных пород, Па.

При этом должны соблюдаться следующие условия: $150 < P_k < 400$, $70 < n < 150$, $150 < D < 400$, $15 < P_{oc} < 40$.

В связи со значительной сложностью теоретических расчетов и необходимостью эмпирического определения многих входящих в формулы величин на практике обычно пользуются нормативными данными при определении скорости бурения в зависимости от коэффициента крепости пород и режимных параметров бурения.

§ 13. Технические характеристики и конструктивные особенности станков

На открытых горных работах применяют серийно выпускаемые станки 2СБШ-200-32, 2СБШ-200-40, 3СБШ-200-60, 4СБШ-200-40, СБШ-250-55, СБШ-320, СБШ-250МНА, выпускаемые небольшими партиями.

Станки шарошечного бурения всех типов в конструктивном отношении взаимодействия основных узлов и устройств имеют много общего, основные узлы их следующие: ходовой механизм, платформа, мачта, рабочий орган, гидросистема, система компрессоров и воздухопроводов, система пылеподавления, система питания, система управления станком.

Буровые станки 2СБШ-200-32, 2СБШ-200-40, 3СБШ-200-60 и 4СБШ-200-40 относятся к легким буровым станкам шарошечного бурения.

Легкие буровые станки шарошечного бурения предназначены для бурения скважин в породах с коэффициентом крепости 6—12 на глубину не более 32, 40 и 60 м, диаметром 190, 215, 243 мм. Станок 2СБШ-200-32 может бурить только вертикальные скважины, а станки 2СБШ-200-40, 3СБШ-200-60 и 4СБШ-200-40 — как вертикальные, так и наклонные скважины.

Станок 2СБШ-200-40 (рис. 5) смонтирован на ходовой тележке 1, состоящей из гусеничного хода с индивидуальным приводом каждой гусеницы и платформы. На передней части платформы находится разъемная мачта 13, состоящая из основания и собственно мачты. На мачте монтируются узлы рабочего органа 12. В основании мачты установлена коробка передач 3, которая при наличии сменной пары шестерен обеспечивает четыре диапазона частоты вращения бурового инструмента. Крутящий момент и осевое усилие передаются на буровой инструмент посредством гидропатрона 6. Два напорных гидродомкрата 5 производят подачу бурового инструмента на забой. К мачте крепится кассета 9, в которой размещен комплект буровых штанг.

Поворот кассеты осуществляют гидроцилиндром. На коробке передач смонтирован механизм свинчивания-развинчивания 4, состоящий из гидроцилиндра и кранового механизма. Спуско-подъемные операции производят при помощи лебедки 8 и вертлюга 11, подвешенного на талевом блоке и перемещающегося по направляющим мачты. К вертлюгу подвешивают буровой став 10. Смену долот производят с помощью приспособления 2, прикрепленного к основанию мачты. Подъем и опускание мачты производят двумя гидроцилиндрами 15, оснащенными гидрозамками. Горизонтирование станка осуществляют тремя гидроцилиндрами 17. Буровую мелочь из скважины удаляют с помощью пневмосистемы 14. Запыленный воздух очищают пылеулавливающей установкой 7. Управление станком осуществляют из кабины 16. Буровой став состоит из комплекта буровых штанг диаметром 180 мм и шарошечного долота.

Техническая характеристика станков шарошечного бурения

Типоразмер станка . . .	2СБШ-200-32	2СБШ-200-40	3СБШ-200-60	4СБШ-200-40	СБШ-250-32 МН	СБШ-250-55	СБШ-320-36
Условный диаметр скважины, мм	200	200	200; 250	200; 250	250	250	320
Глубина бурения скважин, м, не более	32	40	60	40	32	55	36
Направление бурения к вертикали, градус	0	0; 15; 60	0; 15; 30	0; 15; 30	0; 15; 30	0; 15; 30	0
Длина буровой штанги, м	8	8	12	8	8	10	17,5
Ход непрерывной подачи, м	1	1	1	1	8	11,5	17,5
Осевое усилие не более, МН	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,6
Двухскоростная подача бурового стока, м ³ /с	0,025/0,48	0,025/0,51	0,033/0,4	0,025/0,51	0,017/0,61	0,025/0,63	0,014/0,22
Максимальная частота вращения, с ⁻¹	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,1
Максимальный крутящий момент вращателя, кН·м	6,65	6,65	6,0	5,2	4,2	4,2	8,7
Производительность компрессора, м ³ /с	0,417	0,417	0,417	0,417	0,417	0,417	0,834
Мощность электродвигателя, кВт:							
установленная	350	335	400	380	400	400	712
вращателя	52	52	68	52	68	68	100
компрессора	200	200	200	200	200	200	2×200
Основные размеры в рабочем положении, мм:							
длина	9100	9100	10 100	10 200	9200	11 200	12 500
ширина	4600	4600	5300	5000	5450	5240	5450
высота	13 800	13 800	18 400	14 300	15 300	17 730	25 200
Масса станка, т	54	54	64	64	66	85	110

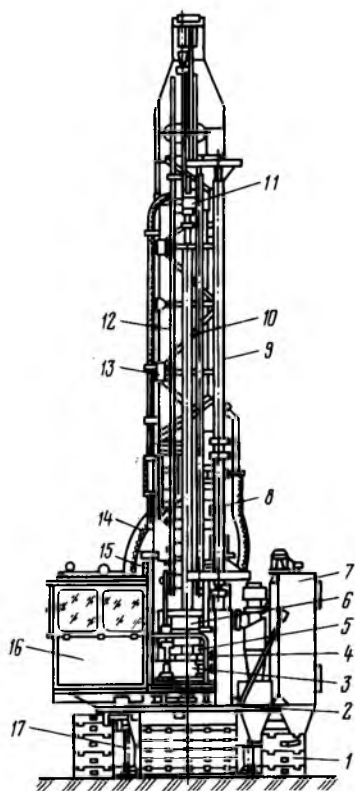


Рис. 5. Буровой станок 2СБШ-200-40

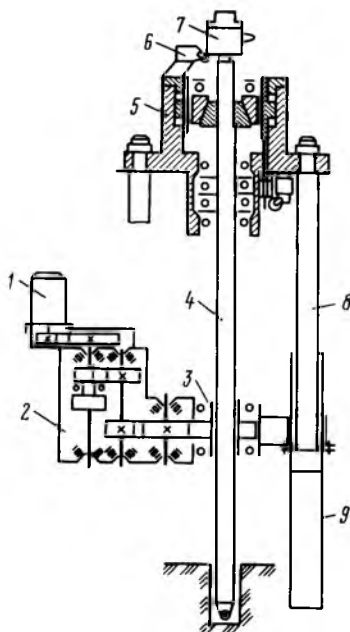


Рис. 6. Кинематическая схема рабочего органа станка 2СБШ-200:

1 — двигатель; 2 — коробка передач; 3 — шпиндель; 4 — буровой снаряд; 5 — трех-
 кулачковый гидравлический патрон; 6 — четыре концевых выключателя; 7 — вер-
 тлюг; 8 — штоки поршня; 9 — гидроцилиндр

Гидросистема станка оборудована двумя насосами с подачей 35 и 18 л/мин, пневмосистема — компрессором. Кинематическая схема рабо-
 чего органа станка 2СБШ-200-40 показана на рис. 6.

Буровой станок 3СБШ-200-60 отличается тем, что он может бу-
 рить вертикальные и наклонные скважины глубиной до 60 м. Для этого
 в нем заложен ряд прогрессивных конструктивных решений. Это дало
 возможность увеличить длину штанги до 12 м, улучшить процесс свин-
 чивания и развинчивания штанг, улучшить условия работы вращателя,
 использовать систему автоматического управления процессом бурения,
 позволившим регулировать частоту вращения бурового инструмента и
 величину осевого усилия на забой в зависимости от крепости пород,
 улучшить гигиенические и эстетические условия работы.

Буровой станок 4СБШ-200-40 спроектирован на базе станка 2СБШ-200-40. Отличительной особенностью его является применение унифицированного хода УГ-60М. Станок выпускается Барвенковским машиностроительным заводом в замен станка 2СБШ-200-32.

Станки СБШ-250-32МНА и СБШ-250-55 являются самоходными буровыми установками, предназначенными для бурения взрывных скважин шарошечными долотами 243, 269 мм на глубину соответственно 32 и 55 м в сухих и обводненных монолитных и трещиноватых породах и рудах с коэффициентом крепости $f = 8 \div 18$.

Станок СБШ-250-32МНА (рис. 7) является модернизированной моделью станка СБШ-250-32МН. Он смонтирован на гусеничном ходу типа УГ-60М. Раму станка устанавливают на поперечных балках гусеничной тележки. На раме размещены основные механизмы. Мачта станка покоится на двух опорах. Она опускается в транспортное положение с помощью механизма заваливания. Для надежного крепления при транспортировании мачта прижимается к двум опорам с помощью троса с натяжным винтом. В машинном отделении станка размещены маслонасосная станция, насос для закачки воды, насос для орошения забоя. Станок имеет винтовой компрессор 6ВКМ-25/8. Для хранения запаса воды в передней части станка имеется емкость вместимостью 2,7 м³ с электрическим подогревом. С левой стороны станка находится кабина управления механизмами, которая оборудована кондиционером для улучшения санитарно-гигиенических условий труда оператора. Раму станка при бурении вывешивают на трех домкратах. С задним домкратом блокируют гидроцилиндр подъема вентилятора, который воздушной струей отбрасывает буровой шлам, выходящий из скважины от станка.

Каркас мачты представляет собой пространственную ферму, внутри которой размещены вращатель с буровым снарядом, сепаратор с буровыми штангами, механизм подачи, механизм свинчивания и разборки бурового снаряда, приспособление для наклонного бурения и другое оборудование. Станок снабжен наддолотным влагоотделителем для разделения водовоздушной смеси. На верхней обвязке мачты установлены опоры блоков механизма подачи с блоком троса натяжной каретки гирлянды. На нижней обвязке смонтированы два гидроцилиндра механизма подачи, механизм развинчивания штанг и верхний ключ. К средней обвязке прикреплены полуоси, на которых поворачивается мачта. К задней стороне мачты крепят на подшипниковых опорах сепаратор. Вдоль всей мачты проходят направляющие, по которым перемещают вращатель и натяжную каретку гирлянды.

Механизм подачи состоит из двух гидроцилиндров 1 и двух четырехкратных канатно-полиспастных систем 4 (рис. 8). При ходе штока цилиндра 2 м ход бурового снаряда равен 8 м, т.е. длине штанги. Натяжение гирлянды осуществляют кареткой 3 и двукратной канатно-полиспастной системой 2.

Вращатель бурового снаряда состоит из электродвигателя постоянного тока ДПВ-52 с независимым возбуждением мощностью 60 кВт,

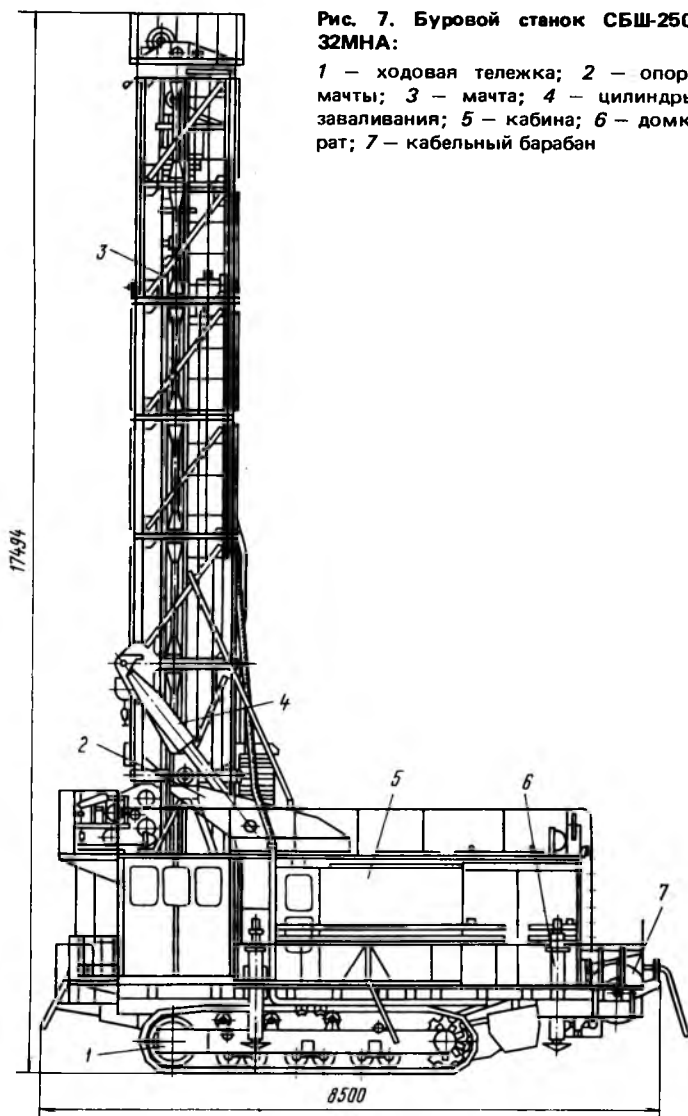


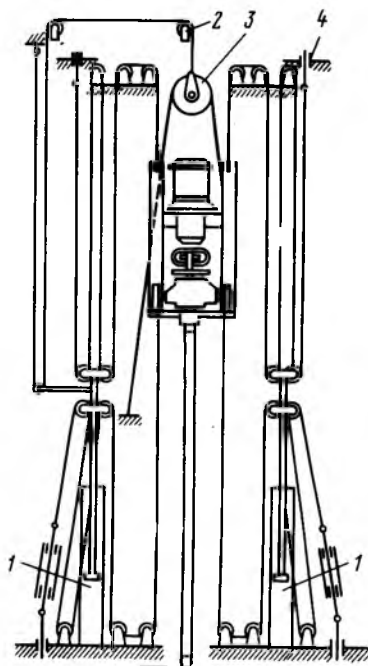
Рис. 7. Буровой станок СБШ-250-32МНА:

1 — ходовая тележка; 2 — опора мачты; 3 — мачта; 4 — цилиндры заваливания; 5 — кабина; 6 — домкрат; 7 — кабельный барабан

вентиляционной установки для охлаждения электродвигателя и двухступенчатого редуктора с передаточным числом 11,05.

Система позволяет изменять частоту вращения бурового снаряда от $0,5$ до $2,5 \text{ с}^{-1}$. Для защиты от вибрации в системе привода установлена шинно-зубчатая муфта. Маслонасосная станция имеет три насоса

Рис. 8. Механизм подачи станка СБШ-250-32МНА



Н-403, 35Г12-24 и 18БГ12-22 с электроприводом и контрольно-регулирующей аппаратурой. Усилие на забой бурового станка регулируют с изменением давления в гидроцилиндрах и контролируют с помощью манометра.

Станок СБШ-250-55 предназначен для бурения вертикальных и наклонных скважин в породах с $f = 4 \div 14$, глубиной до 55 м. Он может работать при температурах от $+40$ до -50°C .

Мачта с двумя сепараторами позволяет бурить скважины на карьерах с высотой уступа до 50 м.

Между опорным узлом и вращателем установлена упругая зубчатая муфта, что улучшает работу долота.

Подача става на забой осуществляется двумя лебедками подачи с трехкратной канатно-полиспастной системой, что улучшает работу става.

Для улучшения санитарно-гигиенических условий работы станок снабжен системой пылеподавления.

Станок СБШ-250-55 смонтирован на гусеничном ходу с индивидуальным приводом к гусеничным тележкам. На осях хода находится машинное отделение с гидроэлектрическим оборудованием. На верхнем поясе каркаса машинного отделения установлены опоры, на которых закреплена мачта с вращательно-подающими механизмами и буровым

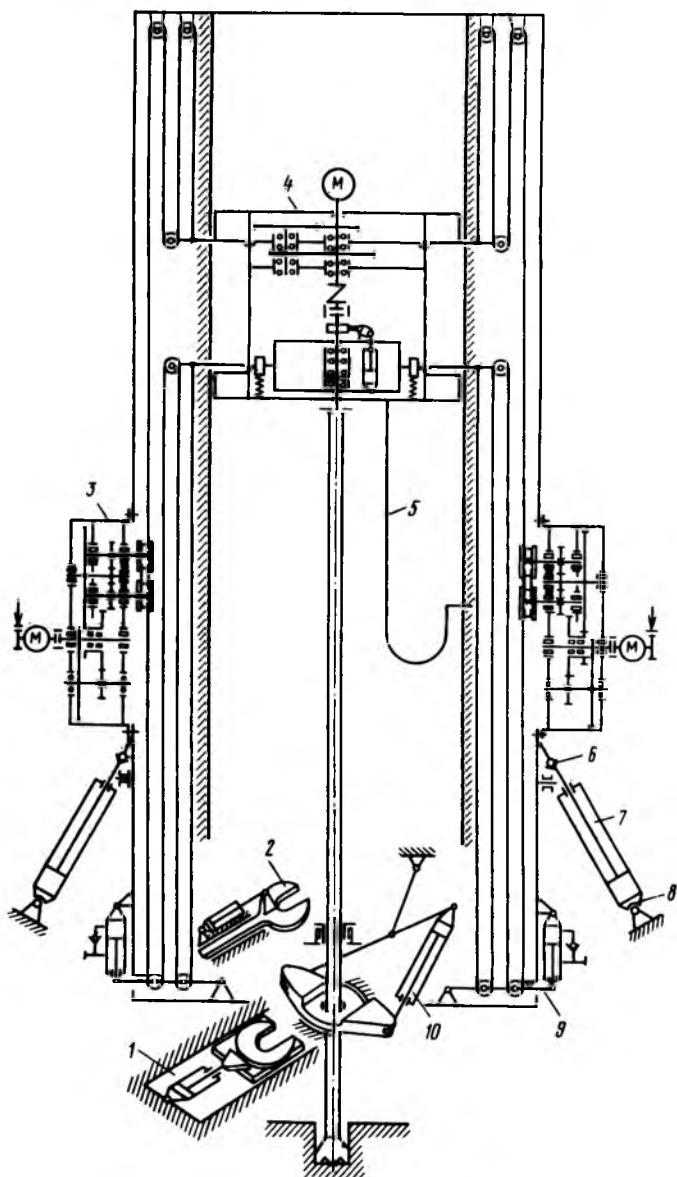


Рис. 9. Кинематическая схема механизмов станка СБШ-250-55

инструментом. Кинематическая схема механизмов, расположенных внутри мачты, показана на рис. 9.

Для страгивания резьбы при разборке бурового става имеются два ключа: вращающийся 1 и невращающийся 2. Надвигаются ключи на лыски штанг с помощью гидроцилиндров. Подача бурового става осуществляется с помощью лебедок 3, которые имеют индивидуальный двигатель. Вращатель 4 передает крутящий момент буровому ставу через редуктор. Подачу воздушно-водяной смеси к вертлюгу осуществляют гириандой 5. Верхний подшипник 6 поддерживает гидроцилиндр 7, а подшипник 8 служит его опорой (см. рис. 9).

Для натяжения канатов применяется гидроцилиндр 9. Гидроцилиндр 10 осуществляет поворот ключа при стягивании замкового соединения бурового става.

Подъем и опускание мачты осуществляют двумя гидравлическими цилиндрами, установленными на опорах мачты. Масло в цилиндры подают от станции гидропривода. Управление процессом подъема и опускания мачты производят с пульта управления, расположенного в кабине машиниста. К нижней платформе каркаса машинного отделения прикреплены четыре домкрата: два впереди — с помощью кронштейнов и два сзади — с помощью поперечной балки. При горизонтировании домкраты включаются попарно: два правых или два левых, два передних или два задних. Такая система позволяет исключить статическую неопределимость, возникающую при опоре станка на четыре точки.

Для автоматической намотки и разматки питающего кабеля при передвижениях в задней части станка установлены два кабельных барабана. На консолях машинного отделения установлена кабина машиниста и емкость с водой.

Гусеничный ход выполнен на базе унифицированных гусеничных ходов УГ-60М и УГ-70 с широким применением унификации узлов и деталей этих ходов. Для обеспечения устойчивости станка СБШ-250-55 при передвижении длина гусеничного хода увеличена на 300 мм по сравнению с ходом УГ-70, кроме того, применены гусеничные звенья шириной 900 мм от экскаватора Э-2003.

Станок СБШ-250МНР предназначен для шарошечного бурения вертикальных скважин диаметром 243—269 мм, глубиной до 20 м и термического расширения заряжаемой части скважин до 400 мм в породах и рудах с $f = 14 \div 20$.

Станок выполнен на базе станка СБШ-250-32МНА основные узлы, схема и функциональное назначение которого не изменилось. В случае, когда технология бурения не требует расширения скважины, станок СБШ-250МНР можно использовать для шарошечного бурения вертикальных скважин глубиной до 32 м.

Для выполнения расширения взрывных скважин на станок СБШ-250-32МНР устанавливают навесное оборудование. Впереди станка подвешен неразъемный термический (терморасширительный) став.

который перемещают по швеллерным направляющим, приваренным на лицевой панели мачты. Для подвешивания става, выполняющего котлообразование без наращивания штанг, к верхнему поясу каркаса мачты станка СБШ-250-32МНР крепят надставку посредством болтовых соединений, образуя удлиненную мачту. Спуско-подъемные операции термического става выполняет лебедка, установленная на крыше машинного отделения.

Штанга термического става представляет собой трубу, в которой расположены трубопроводы для воды и горючего, имеющие в нижней части телескопные компенсаторы; воздух подается к горелке непосредственно по штанге.

Горелка-расширитель представляет собой огнеструйный орган.

Буровой станок СБШ-320 относится к буровым станкам тяжело-го типа и предназначается для бурения скважин диаметром 250–400 мм на глубину до 36 м в породах с $f = 10 \div 18$ и более. В качестве ходового механизма станка применен гусеничный ход экскаватора ЭГ-400. Каждая гусеница снабжена индивидуальным приводом с бортовыми редукторами цилиндрического типа.

На платформе станка, выполненной из швеллеров, размещены все оборудование и машинное отделение станка. В передней утепленной части размещаются электрические шкафы управления, маслonaсосная станция, блок гидроаппаратуры, насос для закачки воды в бак, насос подачи воды в пневмосистему и другое вспомогательное оборудование. В машинном отделении установлены два винтовых компрессора.

Для приведения станка в горизонтальное положение к платформе прикреплены четыре гидравлических домкрата. К левому тамбуру машинного отделения примыкает кабина машиниста, установленная на консолях с резиновыми прокладками. На верхней части каркаса машинного отделения установлены два кронштейна, на которых шарнирно закрепляется мачта станка. Мачта устанавливается в рабочее (вертикальное) положение или в транспортное (горизонтальное) с помощью двух гидравлических цилиндров.

Мачта представляет собой рамную конструкцию, внутри которой размещается основное оборудование станка: механизм подачи, головка бурового снаряда, сепаратор, оборудование для свинчивания и развинчивания става и замены долота.

На верхнем поясе мачты закрепляются блоки механизма подачи и электрическая таль. Механизм подачи развивает усилие прижатия бурового снаряда к забою скважины до 600 кН и обеспечивает подъем и спуск бурового снаряда при наращивании штанг и разборе станка СБШ-320.

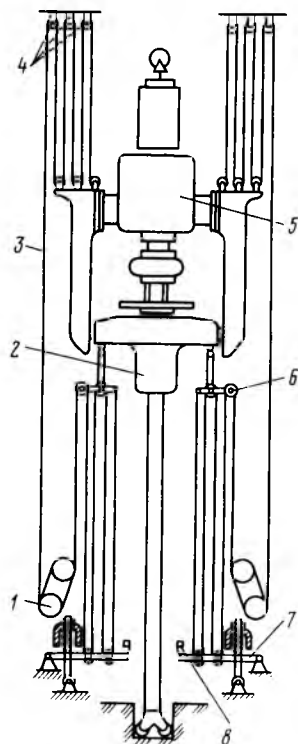
Усилие подачи создается двумя лебедками подачи 1 и передается на опорный узел 2 через канат 3, огибающий последовательно несколько раз цилиндрические желобки барабанов лебедок (рис. 10). Натяжение сбегающих ветвей канатов при бурении создается массой вращателя 5, а при подъеме става — натяжным устройством 7 за счет массы рычагов и усилий, развиваемых пружинами. Подача выполняется одним канатом,

Рис. 10. Кинематическая схема подачи бурового става станка СБШ-320

концы которого закреплены на правой и левой блочных обоймах 6 опорного узла. Огибая последовательно блоки опорного узла, натяжного устройства, барабаны лебедок, верхние блоки 4 и блоки вращателя, канат образует четыре пятикратных полиспаста, два из которых расположены ниже головки бурового снаряда, а два других — выше. При бурении нижние полиспасты создают усилие подачи, а верхние обеспечивают подвеску вращателя и его синхронную подачу вслед за опорным узлом с сохранением между ними необходимого зазора. При включении механизма подачи на подъем става вначале поднимается только вращатель, а натяжные рычаги при этом опускаются. После выбора зазора в каретках подхватывается опорный узел со ставом, и в дальнейшем подъем вращателя и опорного узла осуществляется совместно. При опускании става вращатель с опорным узлом перемещается до упора штанги в забой или в чашку сепаратора. После этого при неподвижном опорном узле вращатель опускается на величину, обеспечивающую образование необходимого зазора в каретке. При этом происходит подъем натяжных рычагов в верхнее положение. В натяжных устройствах встроены конечные выключатели 8, отключающие приводы лебедок при верхнем положении натяжных рычагов (см. рис. 10).

Гидропривод станка СБШ-320 позволяет выполнить следующие операции: подачу бурового снаряда на забой и его перемещение, свинчивание и развинчивание штанг и замену долота, управление сепаратором, приведение станка в горизонтальное положение, подъем и заваливание мачты, натяжение гусеничной цепи, управление колодочными тормозами привода лебедок механизма подачи. Питание всех механизмов гидропривода происходит от одной маслonaсосной станции. Маслonaсосная станция имеет два бака вместимостью 250 и 850 л.

Станок СБШ-320 оборудован двумя компрессорами 6ВКМ-25/8. Для уменьшения пылеобразования в трубопровод сжатого воздуха подается под давлением вода. На станке имеется бак для воды вместимостью 8 м³ и центробежный насос ОНО-2, вода в который подается



вихревым насосом. В зимнее время предусмотрен подогрев насосов и баков.

Буровой шлам от устья скважины воздушным потоком уносится от станка, для этой цели под станком поставлены два вентилятора Проходка-500-2М.

Основным достоинством станка СБШ-320 является возможность бурения скважин увеличенного диаметра и большой глубины. Непрерывная подача на длину 18 м позволяет резко сократить продолжительность спуско-подъемных операций.

§ 14. Буровой став с наддолотным амортизатором

Для снижения уровня вибрации на станках применяют наддолотные амортизаторы, устанавливаемые между долотом и буровыми штангами. Упругие элементы амортизатора гасят осевые и радиальные вибрации, возникающие при работе долота на забое. Уровень вибрации на станках снижается в 2–5 раз, а стойкость долот увеличивается на 30–60 %. Скорость бурения при одинаковых осевых давлениях с амортизатором и без него примерно одинакова или даже несколько (на 15–20 %) повышается. Внедрение амортизаторов в сочетании с устройством для смазки подшипников опор долот позволяет в 1,5–2 раза повысить технико-экономические показатели шарошечного бурения.

Буровой став состоит из долота, наддолотного амортизатора и буровых штанг (рис. 11). Если амортизатор не применяют, то в комплект входит одна концевая штанга и четыре основных буровые штанги. Концевая штанга состоит из трубы с приваренными нижним и верхними ниппелями. Основная буровая штанга состоит из трубы с приваренным штуцером и ниппелем. Штуцеры и ниппели имеют внутри отверстия для прохода воздуха, а также коническую замковую резьбу. С помощью резьбы буровые штанги свинчиваются одна с другой. Снаружи ниппели снабжены лысками для захвата штанги ключом или секторами кассеты.

Износостойкость долота при этом возрастает на 20–25 %, а ресурс работы механизмов вращения – на 30–40 %.

Амортизатор состоит из двух перемещающихся друг относительно друга концентрических труб, между которыми в обоймах расположены эластичные элементы, воспринимающие энергию вибраций (рис. 12).

Наружная труба состоит из ниппеля 1, эжектора 2, трубы 3, втулки 4, шайбы 5, наружного кольца 6, шлицевой муфты 7 и кожуха 8. Внутренняя труба состоит из поршня 15, шайбы 14, внутреннего кольца 12, трубы 11, шлицевого ниппеля 10 и муфты 9. Между наружной и внутренней трубами расположены наборы упругих резиновых элементов 13. Для защиты полости упругих элементов от шлама между наружной и внутренней трубами в верхней и нижней части амортизатора установлены гофрированные элементы 16, а также манжеты и резиновые кольца.

Осевое усилие на долото передается через ниппель 1, эжектор 2, втулку 4, шайбу 5, упругий элемент 13, внутреннее кольцо 12, шлицевой ниппель 10 и муфту 9 (см. рис. 12).

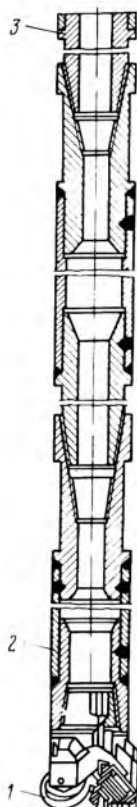


Рис. 11. Буровой став:

1 — долото; 2 — наддолотный амортизатор; 3 — буровая штанга

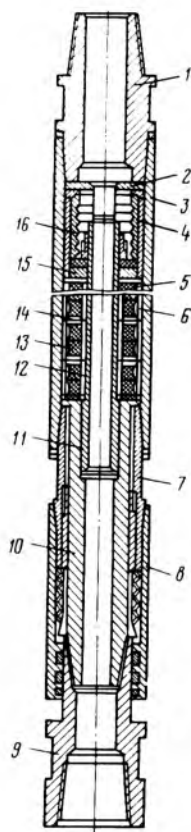


Рис. 12. Наддолотный амортизатор

Крутящий момент от наружной на внутреннюю трубу передается через шлицевое соединение.

Техническая характеристика амортизатора АН-250

Диаметр долота, мм	243—269
Нагрузка, кН:	
рабочая	300
предельная	400
Передаваемый крутящий момент, Н·м	8000
Ход амортизатора, мм, не более	20
Основные размеры, мм:	
диаметр	200
длина	3400
Масса амортизатора, кг	570

§ 15. Шарошечные долота и их устройство

Шарошечные долота представляют собой породоразрушающий инструмент, который состоит из корпуса, лап и шарошек, свободно вращающихся на цапфах (рис. 13).

Шарошка является исполнительной частью долота и представляет собой стальной конус или цилиндр, по поверхности которого расположены зубки. Верхняя часть корпуса долота заканчивается резьбовым ниппелем, с помощью которого долото соединяется с бурильными трубами. При вращении бурового става вращаются корпус долота и шарошки. При этом частота вращения шарошек больше частоты вращения долота во столько раз, во сколько диаметр долота больше диаметра основания шарошки.

Классификация долот. Многообразие горных пород и различная буримость их шарошечными долотами обуславливают значительное число типоразмеров долот. Долота классифицируются по числу шарошек. Известны одношарошечные, двухшарошечные, трехшарошечные, четырехшарошечные и многошарошечные долота.

Наиболее широко применяют трехшарошечные долота. Они хорошо сочетают в себе динамичность в работе, хорошую устойчивость на забое и механическую прочность опор.

Долота различают также по геометрии наружной поверхности шарошек: с одноконусными и многоконусными шарошками, самоочищающиеся и несамоочищающиеся, со смещенными осями и без смещения осей. В долотах самоочищающихся зубчатый венец одной шарошки входит в углубление второй шарошки. Такая конструкция долота позволяет изготавливать шарошки большого диаметра и размещать в них более прочные опоры. Самоочищающиеся долота хорошо работают в вязких, склонных к слипанию породах.

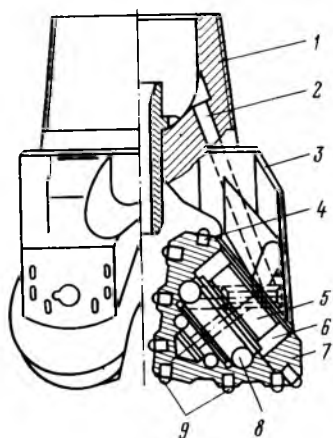


Рис. 13. Устройство шарошечного долота:
1 — резьбовой ниппель; 2 — канал для продувки; 3 — лапа; 4 — штыри твердого сплава в обратном конусе; 5 — цапфы; 6 — роликовый подшипник; 7 — шарошка; 8 — замковый шариковый подшипник; 9 — штыри в основном конусе

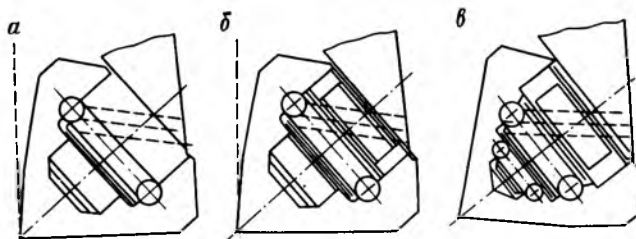


Рис. 14. Схемы опор шарошечных долот:

а — СШС; б — РШС; в — РШШ

Таблица 13

Классы шарошечных долот

Индексы пластов	Горные породы, для бурения в которых предназначено долото	Коэффициент крепости f
М	Мягкие породы — легкая песчаная глина, мел, гипс	1—2
МЗ	Мягкие абразивные породы — слабосцементированные песчаники, мергель	2—3
МС	Мягкие породы с пропластками средней твердости — мел с прослоями песчаников, каменная соль с прослоями ангидридов	4—6
МСЗ	Мягкие абразивные породы с твердыми пропластками — песчано-глинистые сланцы, плотные глины с прослойками песчаников	4—6
С	Средней твердости породы — плотные глины, глинистые сланцы, известняки средней твердости	4—6
СЗ	Средней твердости абразивные породы — песчаники, песчаные сланцы	4—6
СТ	Средней твердости породы с пропластками твердых — песчаники с прослоями гипса, известняки с прослоями гипса, ангидриды	4—6
Т	Твердые породы — плотные известняки, твердые сланцы, аргиллиты	6—8
ТЗ	Твердые абразивные породы — доломитизированные окварцованные известняки, плотные песчаники, сиениты, вторичные кварциты	8—12
ТК	Твердые породы с пропластками — крепкие известняки с пропластками доломитов, известково-глинистые сланцы, магнетиты	8—10
ТКЗ	Твердые абразивные породы с пропластками окремнелых пород, доломитизированные известняки	10—12
К	Крепкие породы — окремнелые известняки, доломиты, перидотиты, гранодиориты, средние граниты	10—12
ОК	Очень крепкие породы — граниты, кварциты, диабазы, базальты, джеспилиты	12—20

Типы шарошечных долот

Диаметр долота, мм	Класс шарошечных долот									
	C	C3	CT	T	T3	TK	TK3	K	OK	
190	4В-190С; В-190СГ; 1АН2190,5СГ	3В-190С3Г; 2В-190С3Г	В-190СТ; 1К-190СТ; 1К-190СТГ; 2К-190СТП	В-190Т; В-190ТП; 1К-190Т	2К-190Т3; 2В-190Т3П; В-190Т3; 2К-190Т3Г	1К-190К	2К-190ТК3; 1К-190ТК3П	В-190К; 2К-190К	1Р-190ОКП; 2К-190ОК; 2К-190КП	
214	5К-214СГ; 1АН-215,9СГ	1К-214С3Г	2К-214СТГ; 2К-214СТ; 1К-214СТП	1К-214ТП; 2К-214Т; 1АВ-215,9; 2К-214ТГ	1К-214Т3П 1К-214Т3	2К-214ТК; 1К-214КП; 2К-214КГ	1К-214ТК3	2К-214К	3К-214ОК; 3К-214ОКП	
243	Б-243С; 2У-243С; 1У-243СГ	Б-243С3Г	1У-243СТ	1У-243Т; 1У-243ТП	У-243Т3 Р-243Т3П 1У-243Т3П	2У-243ТК; 1У-243ТКП	2У-243К	Р-243ОКП; 3У-243ОКП	1В-243ОКП	
269	Б-269С; Б-269СГ 1АН-269,9СГ; 2АН-269,9СГ	2АН-269,9С3Г	1У-269СТ; 1АН269,9СТГ 1У-269ТП	2У-269СТ 1АН-269,9Т 1У-269ТП	1У-269Т3 1АВ-269,9Т3	1У-269КП 2У-269ТК	2У-269К; 1АВ-269,9К	2У-269ОКП; 3Н-269ОКП	2У-269ОКП; 3Н-269ОКП	
295	2АН-269,9СГ; 2У-295С; 1У-295СГ	1АН-269,9С3Г	1У-295СТ	1У-295Т	1АВ-295,3Т3 2У-295Т3	1У-295ТК	1У-295К	У-295ОКП	Р-320ОКП; Ш-320ОКП; У-320ОКП	
320	21Д-320СГ	—	—	Д-320ТГ	—	—	—	—	—	

В зависимости от условий применения выпускаются зубчатые, зубчато-штыревые и штыревые долота. Зубчатые долота разрушают породу на забое скважины стальными зубками, выфрезерованными в теле шарошек, а штыревые долота — штырями твердого сплава, запрессованными или впаянными в тело шарошек.

Зубчато-штыревые долота представляют собой комбинированный инструмент. Армируются долота штырями диаметром 3,2–14,3 мм и высотой 5–20 мм.

Шарошки долот свободно вращаются на цапфах (рис. 14). На цапфе расположены беговые дорожки, на которых размещаются ролики и шарики подшипников. Различают подшипники скольжения, шариковые и роликовые. Шарошки долот малого диаметра вращаются на подшипниках скольжения с одним роликовым замковым рядом. В шарошках долот большого диаметра предпочтение отдают роликовым подшипникам. В шарошечных долотах используются три типа схем опор: СШС — первый подшипник от опоры скольжения, второй — шарошечный, третий — скольжения; РШС — роликовый, шарошечный, скольжения; РШШ — роликовый, шарошечный, шарошечный.

В зависимости от крепости буримых пород на карьерах промышленность выпускает несколько классов шарошек (табл. 13) и много типов трехшарошечных долот (табл. 14). Долота маркируются, в маркировке указывается завод-изготовитель, диаметр долота и тип пород, в которых можно бурить долотом.

§ 16. Режим бурения скважин шарошечными долотами

Основными параметрами режима бурения шарошечными долотами являются: осевое усилие на долото и частота его вращения.

Бурение шарошечными долотами эффективно лишь в том случае, если удельное давление зубков на породу выше критического сопротивления породы раздавливанию. При этом каждый зубок долота внедряется в забой скважины на определенную глубину и разрушает определенный объем породы. При недостаточном осевом усилии на долото разрушение породы происходит лишь после нескольких ударов зубков по одному и тому же месту.

При бурении скважин следует стремиться работать с максимально возможным осевым усилием, которое только может выдержать долото. Осевое усилие зависит от крепости породы, диаметра долота и удельного давления на каждый сантиметр диаметра долота. Максимальное значение осевого усилия предопределяется следующими факторами: прочностью зубков и опор долота, продольной устойчивостью колонны бурового става и частотой вращения долота. Работа с малым осевым усилием резко уменьшает проходку на долото. Однако правильный выбор величины осевого усилия на долото не может быть сделан без учета крутящего момента и частоты вращения бурового инструмента.

Опыты показывают, что увеличение скорости бурения в разных породах происходит по-разному. Более того, прирост скорости зависит от частоты вращения. Для большинства пород с увеличением частоты вращения прирост скорости бурения уменьшается. Это объясняется уменьшением продолжительности контакта зубков долота с породой.

Увеличение частоты вращения влечет за собой повышение вибрации бурового става, что приводит к поломке зубков или штырей долота и увеличивает износ опор, так как при больших ударных нагрузках резко возрастают контактные напряжения в беговых дорожках шарошек и цапф. Особенно опасны при этом резонансные колебания, возникающие в том случае, когда частота возмущающих колебаний, зависящая от конструкции долота, равна или кратна частоте собственных колебаний бурового става.

Опытными наблюдениями были установлены параметры режимов бурения шарошечными долотами (табл. 15).

Таблица 15

Параметры бурения шарошечными долотами

Диаметр долота, мм	Наружный диаметр буровых труб, мм	Осевое усилие на долото, кН		Частота вращения долота, об/мин		Расход сжатого воздуха, м ³ /мин	
		С, СТ, И, ТК	ТЗ, ТКЗ, К, ОК	С, СТ, Т, ТК	ТЗ, ККЗ, К, ОК	С, СТ, Т, ТК	ТЗ, ТКЗ, К, ОК
190	152	140—160	180—220	150—200	80—150	15—18	15
214	180	180—200	220—250	150—200	80—150	20—22	15—18
243	203	220—250	250—280	150—200	80—150	27—32	24—27
269	219	250—350	300—350	150—200	80—150	35—40	30—35
295	245	—	< 400	—	80—150	—	40—45
320	275	—	< 500	—	80—150	—	< 60

Таблица 16

Режимы бурения шарошечными долотами

Коэффициент крепости пород f	Порода	Осевое усилие, кН	Частота вращения, об/мин
4—6	Выветрелые серпентиниты, сильно выветрелые перидотиты	100—120	150—160
6—9	Серпентиниты, выветрелые габбро	120—150	140—160
10—12	Плотные серпентиниты, выветрелые перидотиты	160—180	120—130
12—16	Плотные перидотиты, выветрелые габбро	180—200	105—120
16—18	Диориты, габбро	200—220	80—110
18—20	То же	200—220	50—100

Таблица 17

Время бурения 1 м скважины шарошечными долотами, мин

Коэффициент крепости пород по шкале М.М. Прото- дяконова f	Диаметр долота, мм			
	214	243	243	269
	2СБШ-200		СБШ-250	
2-3	2,27	2,54	—	—
3-4	2,98	3,34	—	—
4	3,81	4,27	2,8	3,39
5-6	4,77	5,34	3,2	3,87
6-7	5,89	6,6	3,7	4,48
8-9	7,17	8,03	4,5	5,44
9-10	8,66	9,7	5,43	6,57
11-12	10,4	11,6	6,49	7,85
13-14	12,4	13,9	7,72	9,34
16-17	14,7	16,5	9,14	11,06
17-18	17,4	19,5	10,8	13,07
18-19	20,6	23,1	12,6	15,24
20	24,3	27,1	14,8	17,91

Таблица 18

Технико-экономические показатели бурения

Предприя- тие	Тип станка	Козф- фици- ент крепо- сти по- род f	Тип долота	Частота враще- ния, c^{-1}	Про- ходка на до- лото, м	Меха- ничес- кая ско- рость буре- ния, м/ч	Про- изводи- тель- ность, м/смену
Коунрадский рудник	СБШ-250МН	10	2У-243К	1,7-2,5	241,6	11,2	84,0
Медвежий ручей	СБШ-250МН	12-16	1В-243-ОКП	3	124,5	7,8	58,6
Гайский ГОК	СБШ-250МН	12-14	1В-243-ОКП	0,5-2,5	232	6,02	45,2
Оленегорский ГОК	СБШ-250МН	14-16	1В-243-ОКП	1,3-2	116	9,29	69,2
ЮГОК	СБШ-250МН	16-18	1В-243ОКП	2,5	121,6	7,9	59,8
Михайловс- кий ГОК	СБШ-250МН	15-16	1В-243ОКП	1,3-2	34,4	9,7	72,8
Ингулецкий ГОК	СБШ-320	16-18	У-320-ОКП	1,3	96	12,1	58,0
ЮГОК	СБШ-320	16-18	У-320-ОКП	2,0	108	8,6	58,3

На каждом карьере разрабатываются оптимальные режимы бурения применяемых буровых станков. Режимы бурения шарошечными долотами диаметром 214 мм, рекомендуемые на карьерах комбината Союзасбест для станков 2СБШ-200, приведены в табл. 16.

При бурении шарошечными долотами для очистки забоя скважины используют продувку сжатым воздухом или воздушно-водяной смесью. Расходы воздуха при различных режимах приведены в табл. 15.

Для нормирования буровых работ на карьерах используют нормативы времени бурения 1 м скважины станками с шарошечным долотом, приведенные в табл. 17.

Технико-экономические показатели бурения на различных предприятиях страны приведены в табл. 18.

Глава V

УДАРНО-ВРАЩАТЕЛЬНОЕ (ПНЕВМОУДАРНОЕ) БУРЕНИЕ СКВАЖИН

§ 17. Общие сведения о станках с пневмоударниками

Буровые станки с пневмоударниками получают все большее распространение на карьерах для бурения взрывных скважин.

В настоящее время промышленность выпускает для работы на карьерах станки ударно-вращательного бурения СБУ-100Н, СБУ-100П, СБУ-100Г и СБУ-125. Также используются опытные станки СБУ-160 и СБУ-200 конструкции НИПИгормаш.

Станки СБУ-125 применяются в основном на карьерах строительных материалов и для вспомогательных работ на рудных карьерах, например, для заоткоски бортов, селективной выемки руды, при эксплуатационной разведке.

Станки с пневмоударниками применяются преимущественно в породах с $f = 10 \div 18$.

§ 18. Разрушение пород при бурении пневмоударниками

При бурении скважин станками с пневмоударниками породоразрушающий инструмент подвергается одновременному действию нескольких нагрузок; динамических, периодически и с большой частотой воздействующих на буровой наконечник, что способствует эффективности разрушения породы и снижению износа лезвий по сравнению с вращательным бурением; статического осевого усилия, заглубляющего в забой режущую кромку лезвий долота; вращающегося момента, вызывающего скол породы, находящейся впереди заглубленных резков.

Общая схема механизма разрушения пород при бурении погружными пневмоударниками в значительной мере зависит от крепости горных пород и может иметь два варианта. При бурении пород средней крепости статическая нагрузка и момент вращения достаточны для вдавливания

лезвий долота в породе, а также раздавливания и скола ее гребешков между ударами. Глубина внедрения лезвий в породу и объем зоны разрушения складываются из суммы глубин и объемов от действия динамической и статистической нагрузок.

Угол поворота бурового долота или расстояние между смежными ударами не имеет большого значения и может быть увеличен, поскольку порода между смежными ударами разрушается в результате непрерывного действия статического осевого усилия и момента вращения.

При бурении крепких и весьма крепких пород, величина осевого усилия недостаточна для их вдавливания в породу и разрушения ее гребешков. При бурении этих пород пневмударниками эффективность их разрушения определяется энергией удара. Статическая же нагрузка должна обеспечить прижатие лезвий долота в момент удара к забою скважины для создания напряженного состояния в породе.

Под действием ударной нагрузки лезвие долота внедряется в породу и при этом скалывает впереди лежащий монолит определенной толщины. В момент скалывания породы, происходящего между смежными ударами, из-за упругости буровой колонны лезвие долота приподнимается. Под действием следующего удара лезвие опять внедряется в забой, образуя новый вруб. При бурении весьма крепких пород пневмударниками толщина снимаемого слоя значительно больше, чем например, при ударном бурении, что обеспечивается значительными по величине моментом вращения и осевым усилием. Этим и объясняется лучшее использование энергии удара и эффективность данного способа бурения в весьма крепких горных породах.

§ 19. Технические характеристики и конструктивные особенности станков

Технические характеристики станков с пневмударниками для открытых горных разработок приведены ниже.

Техническая характеристика станков с пневмударниками

Тип станка	СБУ-100Н	СБУ-100П	СБУ-100Г	СБУ-125
Диаметр скважины, мм	105,125	105,125	102,125	125
Глубина скважины, м	35	35	35	24
Угол наклона буримой скважины, градус	0; 15; 30	0; 15; 30	0; 15 30	0; 15; 30
Установленная мощность, кВт	4	24	24	42
Частота вращения вращателя, с ⁻¹	0,77	0,77	0,77	0,37; 0,75
Мощность электродвигателя вращателя, кВт	4	4	4	3,8/6,3
Длина хода подачи, мм	—	1050	—	3700
Скорость подачи, м/с	—	0,25	—	0,17
Число штанг в комплекте	—	40	—	8
Диаметр штанги, мм	—	83	—	89
Длина штанги, мм	—	950	—	3000
Масса штанги, кг	—	10	—	30

Скорость передвижения станка, км/ч	—	1	0,83	1
Преодолеваемый угол, градус	—	20	20	15
Масса станка, т	0,71	4	5	8,5

Буровой станок СБУ-100Г (рис. 15) применяется для бурения вертикальных и наклонных скважин в породах $f = 6 \div 20$ преимущественно в карьерах строительного камня и нерудных полезных ископаемых в основном при небольших объемах работ, в сложных горнотехнических условиях, в дорожном и гидротехническом строительстве. Ходовой механизм состоит из двух гусеничных тележек с индивидуальным электрическим приводом на каждую гусеницу. Управление передвижением выполняется с выносного пульта. На раме ходового механизма размещены: рабочий орган, вращатель, буровой снаряд, маслостанция, пылеулавливающая установка, электрошкаф, стеллажи для хранения буровых штанг и пульт управления. Гидросистема применяется для выполнения вспомогательных операций: подъема и опускания рабочего органа, горизонтирования станка, а также для перемещения продувочной каретки фильтра тонкой очистки. Пылеподавление — сухое пылеулавливание. Буровой снаряд состоит из погружного пневмоударника с буровой коронкой и става буровых штанг.

Буровой станок СБУ-100П является модификацией бурового станка СБУ-100Г на пневмокошесном ходу. Ходовая часть — сварная рама, два борта и четыре ведущих колеса с пневматическими шинами. В остальном конструкция станка аналогична конструкции станка СБУ-100Г.

Буровой станок СБУ-100Н — самоходная машина. Рабочий орган, аналогичный конструкции органа в станке СБУ-100Г, установлен на стойках, закрепленных на салазках. Смена положения рабочего органа (из транспортного в рабочее) выполняется при помощи механизма поворота

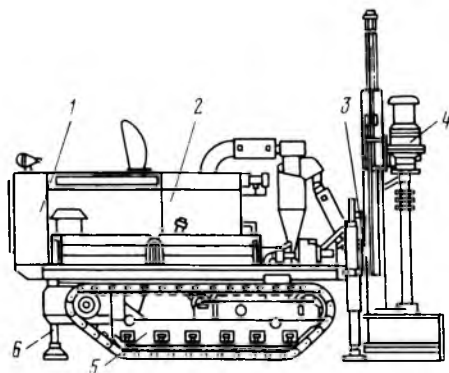


Рис. 15. Буровой станок СБУ-100Г:

1 — приводная часть; 2 — система пылеулавливания; 3 — механизм подачи; 4 — вращатель; 5 — ходовая часть; 6 — домкрат

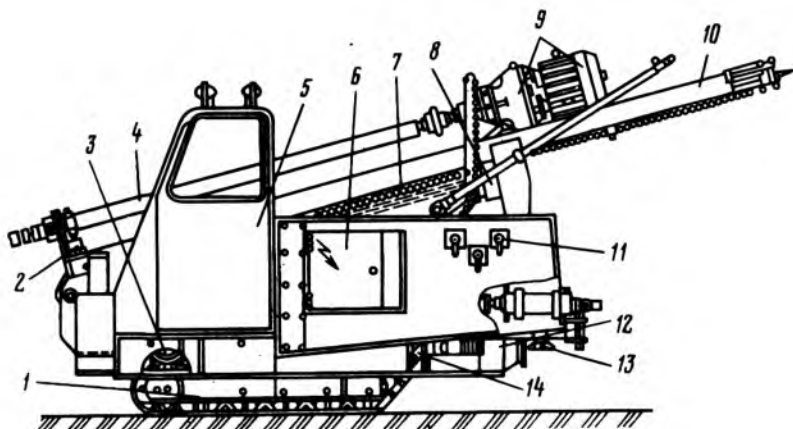


Рис. 16. Буровой станок СБУ-125:

1 — гусеничный ход; 2 — ключ с гидроцилиндром; 3 — пневмодвигатель; 4 — буровой став; 5 — кабина; 6 — электрошкаф; 7 — цепи механизма подачи; 8 — кассетное устройство; 9 — вращатель; 10 — мачта; 11 — кран управления гидродомкратами; 12 — электропривод ходовой части; 13 — гидродомкрат; 14 — ведущая звездочка ходовой части

с ручным приводом, а фиксация в заданном положении — при помощи пальца. Работой станка управляют с дистанционного переносного пульта управления.

Спуско-подъемные операции на станках СБУ-100 выполняются вращателем и механизмом подачи, а установка и перемещение штанг к месту их хранения — вручную.

Буровой станок 1СБУ-125 (рис. 16) представляет собой также усовершенствованный вариант станка СБМК-5.

Станки СБУ-125 применяются в основном на карьерах строительных материалов и для вспомогательных работ на рудных карьерах, например, для заоткоски бортов, селективной выемки руды при эксплуатационной разведке.

Станок состоит из ходового механизма, вращателя, бурового става, пневмоударника, мачты, кассеты, механизма подачи, кабины с пультом управления, гидросистемы, пневмосистемы, электрооборудования и системы пылеподавления.

Ходовой механизм заимствован от углепогрузочной машины УП-3. От электродвигателя имеется отбор мощности на маслonaпорную станцию, питающую механизм включения бортовых фрикционов.

Мачта представляет собой сварную конструкцию из швеллеров. Вращатель бурового става состоит из планетарного редуктора и трехскоростного асинхронного электродвигателя. Для размещения восьми штанг имеется кассета, которая находится между швеллерами мачты. В нижней части мачты имеются люнет и гидрозажимы. Для механизации свинчива-

ния и развинчивания буровых штанг используют ключи с гидроцилиндром. Станок оборудован цепным автоподатчиком с червячным редуктором, крутящий момент к которому передается от пневмодвигателя. Свободные концы цепей крепятся к плите вращателя, перемещающейся на катках вдоль мачты.

Система сухого пылеулавливания состоит из циклона, четырех мультициклонов и матерчатого фильтра на последней ступени очистки. Питание станка сжатым воздухом производится от сети или передвижного компрессора. Пульт управления станком расположен в кабине машиниста.

Станок 1СБУ-125ХЛ предназначен для бурения скважин в условиях Заполярья. Станок оборудован мощным электродвигателем и системой сухого пылеулавливания, состоящей из двух ступеней, надежной теплоизоляции и подогревом гидросистемы. Станок может эксплуатироваться при температуре до -60° и относительной влажности воздуха до 95 %.

Воздухоснабжение осуществляется от передвижных компрессоров или от стационарной пневмосети.

§ 20. Пневмоударники

Пневмоударник является рабочим органом, обеспечивающим ударные нагрузки на долото. Техническая характеристика пневмоударников приведена ниже.

Техническая характеристика пневмоударников

Типоразмер пневмоудар- ника	П-105-2,3	П-105-2,6	П-125-2,8	П-125-3,8	П-155-41 СМ-32К	П-160-5,5	П-200
Диаметр до- лота, мм . . .	105	105	125	125	155	160	205
Ударная мощ- ность, кВт . .	2,3	2,6	2,8	3,8	4,1	5,5	—
Расход возду- ха, м ³ /мин . .	6,4	7	7,6	12,75	14	18,5	20
Наружный диа- метр пневмо- ударника, мм	94	97	112	112	145	140	175
Длина пневмо- ударника без долота, мм .	610	657	652	695	387	740	900
Масса пневмо- ударника, кг	20	22	31	40	40	70	110

Область рационального применения пневмоударников в зависимости от их диаметра определяется физико-механическими и структурными особенностями разрабатываемых пород.

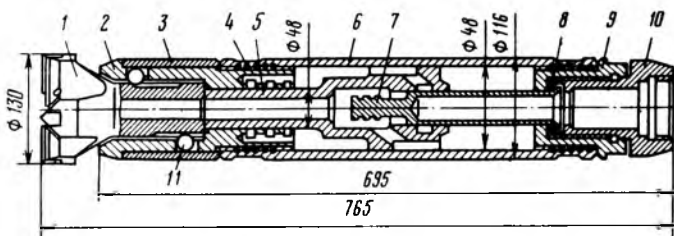


Рис. 17. Пневмоударник П-125-2,8:

1 — долото; 2 — букса; 3 — кольцо; 4 — проволока; 5 — ударник; 6 — цилиндр; 7 — распределительная трубка; 8 — седло; 9 — ниппель; 10 — переходник; 11 — шарик

В породах хрупких или имеющих густую сеть трещин более целесообразно применение погружных пневмоударников диаметром 125, 155 и 200 мм.

Главной особенностью пневмоударников является обеспечение при бурении скважин любого диаметра оптимальной энергии единичного удара. Этим достигается постоянная скорость бурения скважины независимо от ее диаметра.

Пневмоударник П-125-2,8 (рис. 17) имеет золотниковое воздухо-распределение, жестко связанное с поршнем, золотник находится на поршне. Весь отработанный воздух из рабочих цилиндров проходит в забой скважины через центральное отверстие в долоте, что позволяет хорошо очищать забой скважины от шлама. Детали пневмоударника соединены с помощью винтовых соединений с проволоочной вставкой. Долото в буксе крепится с помощью шарика. Такое соединение более практично, чем шпоночное.

§ 21. Долота для пневмоударников

Долото предназначено для разрушения забоя скважины и должно удовлетворять следующим требованиям: иметь высокую прочность и износостойкость; быть простым в изготовлении, допускать многократную заточку и способствовать удалению буровой мелочи с забоя скважины, т.е. иметь простую конструкцию, удобную в изготовлении, ремонте и эксплуатации.

Долото передает ударный импульс непосредственно от ударника к забою скважины. Сплошное долото состоит из корпуса и хвостовика. Хвостовик имеет плоскую грань и не только воспринимает удары поршня, но и отделяет внутреннюю полость цилиндра от атмосферы. Головная часть долота армируется пластинками твердого сплава, заканчивающимися вместе с передними гранями головки лезвием.

В долотах различают хвостовик и коронку, соединяемые с помощью винтового или конусного соединения. Пневмоударники, как правило, оснащаются долотами, поскольку долото представляя собой единый

стержень, передает энергию удара практически без потерь. Коронка же, будучи накручена на хвостовик, теряет часть энергии удара в соединении. К достоинствам коронки следует отнести упрощение замены рабочего инструмента и экономию металла при изготовлении бурового инструмента.

По роду удаления продуктов разрушения с забоя скважины долота могут быть с центральной продувкой, внецентренной и внешней продувкой. При внешней продувке струя воздуха или воздушно-водяной смеси проходит из промывочного отверстия пневмоударника между лезвиями долота к забою скважины, минуя корпус долота.

При такой системе удаления буровой мелочи долото не имеет внутренних каналов, тогда как первые две системы предусматривают наличие каналов внутри долота. Внешняя продувка применяется наиболее часто.

Для бурения на карьерах наибольшее распространение получили Х-образные долота с отстающей центральной частью.

Техническая характеристика серийно выпускаемых долот для станков с пневмоударниками приведена ниже.

Техническая характеристика долот с пневмоударниками

Типоразмер долота	К-105КА	К-130К	КНШ-105У	КНШ-125У
Диаметр долота, мм	105	130	108	125
Длина долота, мм	180	190	176	179
Диаметр хвостовика, мм	52	62	52	62
Длина хвостовика, мм	102	98	102	98
Общая длина лезвий, мм	128	144	—	—
Число штырей на долоте	—	—	14	15
Длина штырей, мм	12	14	10 и 12	12 и 14
Масса твердого сплава, г	290	326	326	524
Диаметр центрального канала, мм	20	24	20	24
Масса долота, кг	4	5,8	5	6
Типоразмер пневмоударника	П-105-2,6	П-125-2,8	П-105-2,8	П-105-2,8

Типоразмер долота	БК-155	К-105	К-125	К-160
Диаметр долота, мм	150	105	125	160
Длина долота, мм	220	155	185	245
Диаметр хвостовика, мм	70	52	62	82
Длина хвостовика, мм	140	90	110	140
Общая длина лезвий, мм	168	148	208	280
Число штырей на долоте	—	—	—	—
Длина штырей, мм	—	—	—	—
Масса твердого сплава, г	457	281	425	820
Диаметр центрального канала, мм	—	22	24	32
Масса долота, кг	9,2	3,0	5,6	12,5
Типоразмер пневмоударника	П-155-4,1	П-105	П-125	П-160

Выпускаются также штыревые долота, армируемые цилиндрическими вставками (штырями) твердого сплава со сферическими головками (КНШ). Материал корпуса этих долот подбирается таким образом, что по мере износа штырей изнашивается и рабочая поверхность долота, обнажая штыри. В результате этого износостойкость инструмента повы-

шается в 3 раза по сравнению с клиновидными лезвиями. Крепят долота в корпусе пневмоударника с помощью шпонок или шариков. Долота большого диаметра крепятся с помощью шариков.

§ 22. Режим работы и производительность станков с пневмоударниками

Режимы бурения определяются частотой вращения долота, величиной осевого усилия, эффективностью очистки забоя скважины от буровой мелочи, давлением сжатого воздуха в сети, числом ударов пневмоударника в единицу времени. Они зависят от физико-механических свойств буримых пород и определяют износ инструмента и технико-экономические показатели буровых станков.

Оптимальные режимы бурения определяются, как правило, экспериментальным путем, поскольку в теоретические расчеты по режимам бурения входит множество факторов, отрицательно влияющих на их точность.

Многочисленные исследования влияния частоты вращения бурового снаряда на производительность станка показывают, что рациональными частотами вращения долот для крепких пород являются 25–50 и для слабых пород — 70–90 об/мин. В табл. 19 приведены оптимальные значения частоты вращения долота для разных горных пород.

Таблица 19

Параметры бурения пневмоударников

Типоразмер пневмоударника	Типоразмер долота	Коэффициент крепости пород f	Усилие пода- чи, Н	Частота враще- ния, c^{-1}
П-125	К-105	6–8	1800	1,17–1
		10–12	1800	0,92–0,83
		14–16	2000	0,75
П-125	К-125	6–8	2500	1–0,75
		10–12	2500	0,67–0,58
		14–16	3000	0,5
		18–20	3000	0,5–0,42
П-155	БК-155	6–8	4000	0,75–0,67
		10–12	4000	0,58
		14–16	4000	0,50
		18–20	4000	0,42
П-160	К-160	6–8	6000	0,67–0,58
		10–12	6000	0,5
		14–16	7000	0,42
		18–20	7000	0,42

Экспериментально установлено, что для бурения крепких абразивных пород осевое усилие равно 7,5–15 Н на 1 мм диаметра долота, для абразивных пород средней крепости – 20–30 Н, а для слабоабразивных и крепких неабразивных пород – 50–70 Н.

С увеличением давления сжатого воздуха в сети скорость бурения станков с пневмоударниками возрастает. Производительность их определяется механической скоростью бурения, затратами на спуско-подъемные операции, стойкостью долота, временем на перестановку станка, зависит от крепости пород.

Сменная производительность станка 1СБУ-125 в зависимости от коэффициента крепости пород для диаметра скважин 105 мм приведена ниже.

Сменная производительность станка, м	46	38	34	16–18	15
Коэффициент крепости пород f	8–10	10–12	12–14	14–16	16–18

Сменная производительность станка СБУ-160 в зависимости от коэффициента крепости пород для диаметра скважин 155 мм приведена ниже.

Сменная производительность станка, м	45–60	30–40	28–35	22–30	20–25	14–18
Коэффициент крепости пород f	6–8	8–10	10–12	12–14	14–16	16–18

Оптимальное количество подаваемого воздуха в станках СБУ-100 равно 6–7 м³/мин, СБУ-125 – до 8 м³/мин и СБУ-160 – 14–18 м³/мин.

Глава VI

ОГНЕВОЕ БУРЕНИЕ СКВАЖИН

§ 23. Сущность огневого бурения

Разрушение породы при огневом бурении происходит в результате действия напряжений, обусловленных резким перепадом температур в различных слоях породы (температурным градиентом), а также в результате механического воздействия высокоскоростных газовых струй, полиморфных и фазовых превращений минералов, составляющих породу. Так, кварц при температуре около 500 °С переходит в другие кристаллические модификации со значительным изменением объема. При этом с поверхности отслаиваются чешуйки породы, которые захватываются потоком раскаленных газов и выносятся из скважины. Следовательно, рабочим инструментом при огневом бурении является по существу сама газовая струя, оказывающая непосредственное тепловое воздействие на разрушающую породу. Эта струя вступает в прямой контакт с породой, разрушает ее и выносит буровой шлам из скважины, выполняя работу, аналогичную по своим результатам работе шарошеч-

ного долота, с той разницей, что при механическом бурении шлам из скважины выносятся вспомогательными средствами.

Огневые газовые струи образуются в результате сжигания в небольшой по объему камере сгорания высококалорийного топлива. Температура газов в результате сгорания горючего в окислителе достигает 3200 °С. Продукты сгорания через сопло горелки истекают со сверхзвуковой скоростью (1800–2200 м/с). В качестве топлива используются смеси жидкого горючего с газообразным окислителем (керосин, бензин — сжатый воздух и др.).

Основным недостатком огневого бурения является избирательность буримых пород. Этим способом эффективно разрушаются в основном кварцсодержащие породы. При другом химическом составе пород их буримость огнем способом снижается и иногда становится невыгодной по технико-экономическим показателям, так как часто наблюдается не шелушение, а плавление породы, что снижает эффективность бурения.

При огневом бурении возможны следующие виды разрушения пород: хрупкое, с частичным плавлением; плавление.

Хрупкое разрушение является основным и наиболее экономичным видом разрушения горных пород при огневом бурении, так как оно протекает при сравнительно низкой температуре нагрева (250–500 °С), в то время как плавление пород происходит при температуре 1200–1700 °С.

Как указывалось выше, огневое бурение наиболее эффективно при монолитной структуре и высокой крепости пород. Хорошо подвергаются термическому разрушению породы, имеющие ярко выраженную кристаллическую структуру с плотным контактным связующим, а также породы с незначительным содержанием низкоплавких минералов, глинистых включений и напластований. К их числу относятся безрудные кварциты, неокисленные и окисленные магнетитовые роговики, кварц-амфибол-хлоритовые сланцы, граниты и ряд других пород.

§ 24. Конструктивные особенности и техническая характеристика станков огневого бурения

Конструкцию станков огневого бурения рассмотрим на примере станка СБО-160/20 (рис. 18). Используемое горючее этого станка — керосин или дизельное топливо, а окислитель — кислород или сжатый воздух. Станок СБО-160/20 (СБО-2) предназначен для бурения вертикальных скважин диаметром 250 мм на глубине 20 м и представляет собой самоходную буровую установку на гусеничном ходу с индивидуальными приводами на каждую гусеницу. Управление ходовым механизмом осуществляется с помощью электродвигателя и колодочных тормозов. Обе гусеницы и редукторы с электродвигателем смонтированы на сварной раме. В средней части рамы расположен топливный бак, соединенный трубопроводом с насосной станцией. Мачта станка пространственная, сварная, шарнирно крепится на осях кронштейна. Во время работы стан-

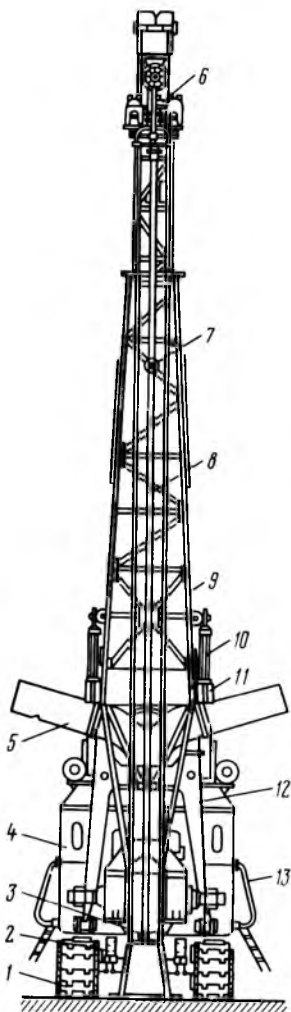


Рис. 18. Станок огневого бурения СБО-160/20:

1 — гусеничная тележка; 2 — цепная передача; 3 — огнеструйная горелка; 4 — кабина; 5 — выхлопная труба; 6 — вращатель; 7 — люнет; 8 — буровая штанга; 9 — мачта; 10 — шток; 11 — гидроцилиндр; 12 — опора; 13 — поручень

ка по направляющим мачты движутся ролики рабочего органа. Мачта устанавливается в рабочее или транспортное положение двумя телескопическими гидроцилиндрами. В рабочем положении мачта фиксируется растяжками механизма распора мачты. На мачте смонтированы всасывающий хобот и нагнетательные трубопроводы отсасывающей установки, вентиляторы которой монтируются на кронштейнах мачты.

Рабочий орган станка представляет собой буровую штангу, к нижней части которой присоединена огнеструйная горелка, а к верхней — механизм вращения штанги с подводящим устройством (для подачи рабочих компонентов топлива) и подвесным блоком.

Буровая штанга изготовлена из труб с наружным диаметром 122 мм, соединенных резьбой и сваренных между собой. Внутри штанги уложены трубопроводы кислорода и горючего, которые, в свою очередь, проходят через трубу, служащую для подвода воды.

Горелка к штанге крепится через переходник. В качестве горючего используется керосин или дизельное топливо, окислителем служит газообразный кислород или сжатый воздух. В последнем случае на станке установлены компрессоры. Охлаждение горелки производится водой.

Доставка горючего шестеренчатым насосом 661Л (подача 8 л/мин, максимальное рабочее давление 12 МПа, двигатель А02-42-8, $N = 3$ кВт, $n = 720$ об/мин) регулируется перепускным клапаном (рис. 19). Системы питания горелки станка рабочими компонентами обеспечивают автоматическое поддержание их заданных расходов.

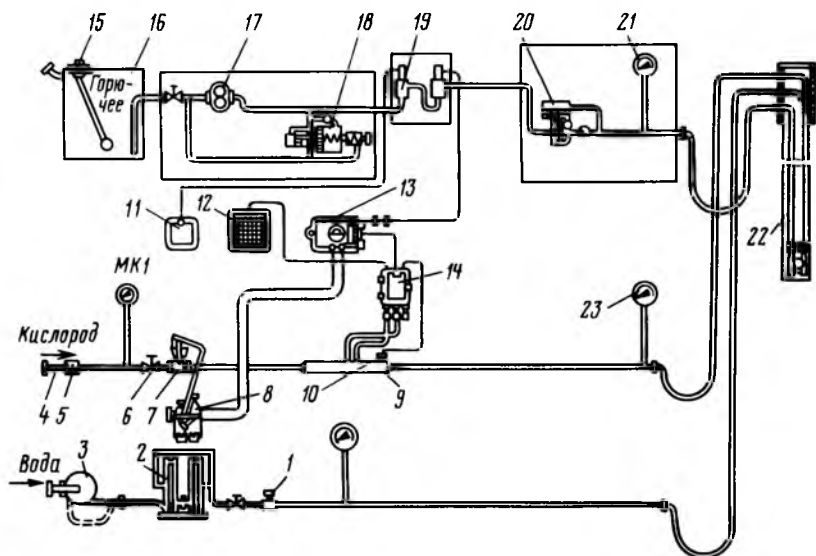


Рис. 19. Схема системы питания компонентами топлива горелки станка СБ0-160/20:

1 — реле потока жидкости; 2 — электронагреватель воды; 3 — насос; 4 — штуцер; 5 — обратный клапан; 6 — запорный вентиль; 7 — регулирующий клапан; 8 — гидравлический привод; 9 — термометр; 10 — сужающее устройство; 11 — прибор ДС1-0,3; 12 — самопишущий прибор; 13 — прибор ВЭР-2К; 14 — дифференциальный манометр расходомер; 15 — указатель уровня горючего; 16 — расходный бак; 17 — насос; 18 — предохранительный клапан; 19 — ротаметр; 20 — дроссель; 21 — манометр; 22 — рабочий орган; 23 — манометр

Для подачи газообразного кислорода к горелке кислородные коммуникации выполнены из стальных труб, а гибкие соединения — из рукавов высокого давления.

Система питания горелки водой состоит из вихревого насоса 2В-1,6 подачей $6 \text{ м}^3/\text{ч}$ с электродвигателем А02-51-4, реле потока жидкости и магистралей.

Газоотсасывающая установка применяется для удаления от станка газов и пара, выходящих из устья скважины при бурении. Установка состоит из двух центробежных пылевых вентиляторов с электродвигателями А02-52-4 ($N = 10 \text{ кВт}$, $n = 1460 \text{ об/мин}$), всасывающего хобота и двух нагнетательных трубопроводов, закрепленных на мачте.

Питание станка электроэнергией производится по гибкому кабелю ГРШС $3 \times 50 + 1 \times 10 \text{ мм}$ от трехфазной сети напряжением 380 В. На ходовом механизме установлены асинхронные электродвигатели — А0С73-8 с короткозамкнутым ротором ($N = 14 \text{ кВт}$, $n = 660 \text{ об/мин}$). Асинхронный двигатель насосной станции гидропривода А02-52-6 имеет мощность 10 кВт с частотой вращения 970 об/мин.

Лебедка для подъема рабочего органа имеет два электродвигателя: один переменного тока (для маневрового движения штанги), другой — постоянного (для движения штанги во время бурения). Вся первичная аппаратура управления станком и приборы сосредоточены в кабине машиниста на трех панелях.

По конструктивным особенностям, внутреннему и внешнему оформлению, техническим возможностям и условиям работы обслуживающего персонала станок СБО-160/20 — современная буровая машина, не уступающая лучшим зарубежным образцам.

Недостаток станка — ограниченная глубина бурения (до 20 м).

Техническая характеристика станка СБО-160/20

Диаметр скважины, мм.	180—220
Диаметр расширяемого участка скважины, мм.	500
Глубина бурения, м, не более.	20
Средний расход рабочих компонентов:	
кислорода, м ³ /ч.	350
сжатого воздуха, м ³ /ч.	1000
горючего, кг/ч.	150/83 *
воды, м ³ /ч.	2—3
Частота вращения горелки, об/мин.	3,8—38
Мощность, кВт:	
установленная.	111
потребляемая.	100
Скорость передвижения, км/ч.	0,62
Основные размеры станка в рабочем положении, мм:	
длина.	8250
ширина.	5000
высота.	2415
Масса станка, т.	43
Завод-изготовитель.	Бузулукский тяжелого ма- шиностроения им. Куйбышева

* В числителе — при работе на кислороде, в знаменателе — при работе на воздушной смеси.

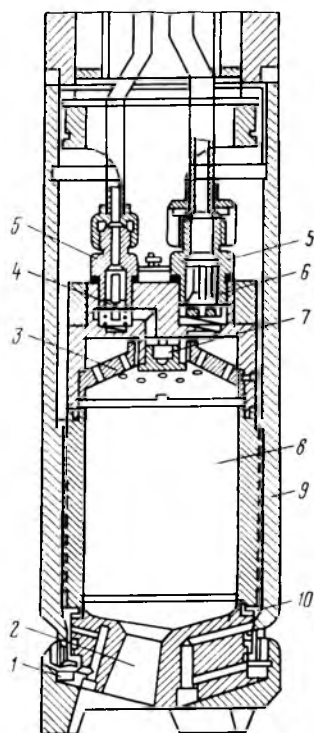
§ 25. Буровые огнеструйные горелки

Основные требования, предъявляемые к горелкам, следующие: высокая скорость бурения, экономичность в расходовании рабочих компонентов, простота разборки и сборки; использование недефицитных материалов, небольшая стоимость.

В настоящее время на карьерах применяют трехсopловую горелку М2 и горелку ТБ-5 (рис. 20).

Рис. 20. Трехсопловая горелка ТБ-5:

1 — отверстие в башмаке; 2 — сопло; 3 — головка камеры сгорания; 4 — обратный клапан; 5 — штуцера; 6 — обратный клапан; 7 — форсунка; 8 — камера сгорания; 9 — чехол; 10 — охлаждающий канал



Отличительной особенностью горелки ТВР является воздушное охлаждение камеры сгорания.

Техническая характеристика трех сопловых горелок

Тип горелки.	М-2	ТБ-5
Диаметр критического сечения каналов, мм.	1×9, 2×12	1×10, 2×14
Угол наклона сопел к оси горелки, градус.	1×8, 2×30	1×10, 2×30
Расход кислорода, м ³ /ч.	200–240	280–350
Расход керосина, кг/ч.	100–120	120–140
Расход воды, м ³ /ч.	2,5×3	1,5×2,0
Объем камеры сгорания, см ³ .	250	350
Температура в камере сгорания, °С.	3000	3000
Скорость истечения струи газа, м/с.	2200	2500
Давление в камере, МПа.	0,5	0,6–0,7
Форсунка.	Струйная	Центробежная
Средний диаметр скважины, мм.	180–200	200–230
Средняя скорость бурения, м/ч.	7,5–8	9,5–10,2

Техническая характеристика горелок, работающих на сжатом воздухе

Тип горелки.	ТВР-15	ТВР-9	ТГБ-2
Расход воздуха, м ³ /ч:			
на горение	1800	1200	1350
на распыление	—	—	150
на охлаждение	—	600	—
Расход горючего, кг/ч.	160	110	110
Расход воды, м ³ /ч	1,5	—	1,5
Давление в камере сгорания, МПа	0,5	—	0,6
Средняя производительность горелки, м/ч.	10	6	6
Масса горелки, кг	32	24	—
Завод-изготовитель	Поваровский опытный Гидромаш-обогащения		

Огнеструйная горелка состоит из форсунки, корпуса и днища. Корпус камеры сгорания горелки (М2) (для станка СБО-15) выполнен в виде конуса, а горелки ТБ-5 (для станков СБО-160/20) — в виде цилиндра.

Нормальная работа горелки в значительной мере зависит от конструкции и состояния форсунки. Наиболее широко применяются струйные центробежные и центробежно-струйные форсунки. Наиболее эффективна, при прочих равных условиях, центробежная форсунка.

Для создания котловых расширений скважин применяются расширители МЗ и М4. Днище горелки расширителя отличается от днища обычной горелки величиной критического сечений, углом наклона и числом сопловых отверстий (имеет обычно два сопловых отверстия).

Центральное сопловое отверстие, предназначенное для улучшения выноса бурового шлама, имеет сравнительно небольшой (6—8 мм) диаметр критического сечения и расположено параллельно оси горелки. Главное боковое сопловое отверстие, предназначенное непосредственно для расширения скважин, имеет диаметр критического сечения 16 мм и угол наклона к оси горелки 55°.

§ 26. Расход компонентов при огневом бурении

На открытых горных работах применяют три варианта обеспечения станков огневого бурения кислородом: от передвижных кислородных рецеипентов, причем вместимость каждого из них должна быть достаточной для работы станка в течение смены; от стационарных газгольдеров; от передвижных газификаторов жидкого кислорода.

Вариант обеспечения станков кислородом выбирают на основе технико-экономических расчетов с учетом конкретных условий (отдаленности кислородного завода и др.). В настоящее время на карьерах, где применяется огневое бурение, наиболее выгодны первый и третий варианты.

В огнеструйной горелке станка СБО сжигается керосин, расход которого за 6 ч работы станка (т.е. за одну смену) составляет 700—750 кг. Кроме того, каждый станок СБО при бурении расходует 3—3,5 м³/ч

воды, или за смену около 20 м^3 . Поэтому возле каждого станка необходимо установить передвижной резервуар с водой достаточной вместимости.

Для огневого бурения применяют осветительный керосин двух сортов: легкий и тяжелый плотностью соответственно 0,84 и 0,86 кг/л и тракторный — плотностью 0,82 кг/л. Широкое применение керосина объясняется его высокой теплотворной способностью.

Применение дизельного топлива при огневом бурении позволяет снизить стоимость 1 м скважины на 4—5 %. В зимнее время, чтобы исключить промерзание топливных магистралей, в дизельное топливо добавляют 50 % керосина. Одним из направлений повышения экономической эффективности огневого бурения является применение вместо кислорода сжатого воздуха, как самого дешевого вида окислителя.

В настоящее время на карьерах для обеспечения станков горючим и водой используется топливоводопитатель ТВП-1.

§ 27. Режим огневого бурения

Под режимами огневого бурения следует понимать расход и соотношение горючего и окислителя, частоту вращения горелки, расстояние от среза сопла горелки до забоя.

Первый и последний факторы тесно связаны между собой: чем больше расход топлива, тем больше может быть удалена горелка от забоя скважины. Температура газового потока при выходе из сопел горелки зависит от исправности рабочего органа, а также от правильности выбранного соотношения горючее — окислитель (коэффициента избытка окислителя — отношения фактического расхода окислителя, приходящегося на весовую единицу горючего, к необходимому).

На эффективность работы станков огневого бурения большое влияние оказывает расстояние между срезом сопла горелки и забоем скважины. Если расстояние от горелки до забоя меньше оптимального, бурения "шелушением" (хрупкого разрушения) не происходит, а возникает плавление породы в забое. Слишком большое расстояние газового потока от среза сопла приводит к резкому падению скорости бурения и увеличению диаметра скважины, что обусловлено растеканием газового потока, потерей его кинетической энергии, уменьшением температуры и ухудшением условий удаления продуктов разрушения породы из забоя скважины.

Рис. 21. Зависимость скорости бурения v_b от расстояния L между срезом сопла и забоем (сплошной линией показаны опытные кривые, пунктирной — расчетные):

1 — для гематито-магнетитовых роговиков; 2 — для кварцево-хлоритовых сланцев

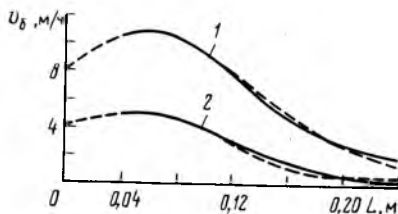


Таблица 20

Скорость огневого бурения, м/ч

Порода	Расход топлива, кг/с						
	0,08	0,12	0,16	0,2	0,24	0,28	0,32
Магнетитовые роговики	12,8	13,7	13,6	12,7	11,4	9,7	6,8
Гематито-магнетитовые роговики	10,9	11,8	11,9	11,3	10,4	9,2	7,1
Карбонатно-магнетитовые роговики	8,6	9,1	9,0	8,3	7,8	6,8	5,5
Мартито-гематитовые роговики	4,9	5,8	5,9	5,8	4,7	3,8	2,3
Кварцево-хлоритовые сланцы	2,2	3,3	3,3	2,8	2,0	1,3	0,4

Таблица 21

Скорость огневого бурения, м/ч

Порода	Частота вращения горелки, об/мин				
	10	20	40	60	80
Магнетитовые роговики	12,4	12,4	12,4	12,3	11,9
Гематито-магнетитовые роговики	10,7	10,9	11,0	10,9	10,8
Карбонатно-магнетитовые роговики	7,9	8,0	8,0	8,2	7,9
Мартито-гематитовые роговики	4,4	5,0	5,5	5,6	5,3
Кварцево-хлоритовые сланцы	2,8	3,4	3,9	4,2	4,0

Таблица 22

Оптимальные режимы работы станка

Порода	При бурении		При расширении скважин		
	Расход топлива, кг/с	Частота вращения горелки, об/мин	Расход топлива, кг/с	Частота вращения горелки, об/мин	Скорость поступательного движения горелки, м/мин
Магнетитовые роговики	0,125	25	0,16	40	12—13
Гематито-магнетитовые роговики	0,13	35	0,175	45	9—10
Карбонатно-магнетитовые роговики	0,135	45	0,19	60	9—10
Мартито-гематитовые роговики	0,14	55	0,2	65	9—10
Кварцево-хлоритовые сланцы	0,145	60	0,22	70	12—15

Экспериментальные и расчетные кривые скорости бурения при хрупком разрушении в функции от расстояния между срезом сопла и забоем для пород карьера ЮГОКа приведены на рис. 21. Экономически оправданные оптимальные значения коэффициента избытка окислителя (1,0) и расстояния между срезом сопла горелки и забоем (0,05—0,06 м) остаются постоянными для приведенных на рис. 21 пород.

Зависимость скорости огневого бурения скважин в породах карьера ЮГОКа от расхода топлива и частота вращения горелки характеризуются данными, приведенными в табл. 20 и 21.

Оптимальные режимы работы станка огневого бурения при бурении и расширении скважин на карьере ЮГОКа (по данным Н.М. Трегубова) приведены в табл. 22.

Глава VII

БУРЕНИЕ ШПУРОВ

§ 28. Общие сведения о бурильных машинах

Для бурения шпуров на карьерах применяют бурильные машины вращательного и ударного действия.

На современных карьерах бурение шпуров имеет вспомогательное значение. Для этого используются легкие ручные сверла и перфораторы.

Сверла — бурильные машины для бурения шпуров резцами в соединении с витыми шлангами. Электросверла подразделяются на ручные и колонковые. На открытых разработках для выполнения вспомогательных работ, бурения шпуров глубиной 1,5—3 м по углю и слабым горным породам с $f = 3$ (каменная соль, гипс, сланцы) наиболее широко применяют ручные электросверла. Диаметр шпуров 40—45 мм. Ручные электросверла выпускаются массой от 12 до 24 кг. Мощность электродвигателя не превышает 1,6 кВт.

При бурении ручным электросверлом подача инструмента на забой осуществляется рабочим вручную, усилие подачи при этом составляет 200—250 Н. Скорость бурения 200—1000 мм/мин.

На карьерах применяется три типа ручных сверл ЭР-14Д-2М, ЭР-18Д-2М и СЭР-19М.

При ударном способе бурения основными машинами для образования шпуров на карьерах являются пневматические переносные перфораторы. Переносными перфораторами бурят шпуры диаметром 30—55 мм и глубиной до 5 м.

На карьерах для бурения шпуров применяются переносные (ручные) перфораторы массой от 24 до 36 кг. Шифр переносного перфоратора ПП36В расшифровывается следующим образом: П — перфоратор; П — переносной; 36 — энергия удара поршня в джоулях; В — водяное пылеподавление.

§ 29. Устройство и принцип действия бурильных машин

Сверла являются бурильными машинами вращательного действия и имеют примерно одинаковую принципиальную схему. Они состоят из двигателя (электрического, пневматического или гидравлического) с редуктором и шпинделя, в патроне которого крепится хвостовик штанги с резцом.

Буровая мелочь с забоя шпура удаляется механическим способом с помощью витых штанг, промывкой водой или продувкой сжатым воздухом.

Перфоратор является бурильной машиной ударного действия и представляет собой поршневой одноцилиндровый двигатель двухстороннего действия, снабженный механизмом поворота бура и устройством для очистки шпура от буровой мелочи (рис. 22).

Принцип работы перфоратора заключается в следующем. В цилиндре машины 1, закрытом с задней стороны крышкой 10, а с передней — втулкой 6, находится поршень 2 с ударником 3, конец которого входит в поворачивающуюся втулку 4. В этой же втулке находится хвостовик бура 5. В цилиндр через отверстие 9 подается сжатый воздух, который, оказывая давление на заднюю плоскость поршня, принуждает его двигаться с большой скоростью вперед (рабочий ход).

Двигаясь вперед, шток наносит удар по хвостовику 5, вследствие чего передняя часть бура с коронкой проникает в породу. После нанесения удара воздух из задней части цилиндра через выпускное отверстие 8 выходит наружу, а воздухораспределительный клапан закрывает доступ сжатому воздуху в отверстие 7 (см. рис. 22). Так как в этом положении сжатый воздух давит на переднюю стенку поршня, то поршень со штоком перемещается в первоначальное положение (обратный ход). Во время обратного хода втулка 4 и бур 5 вследствие работы поворотного механизма поворачиваются на определенный угол и при последующем ударе происходит внедрение лезвия бура в породу в другом месте.

Воздухораспределительным устройством называют систему деталей (подвижных и неподвижных), которая в сочетании с системой воздухоподводящих каналов обеспечивает движение сжатого воздуха в нужном направлении и, как следствие, возвратно-поступательное движение поршня-ударника.

Воздухораспределительное устройство должно обеспечивать высокое индикаторное давление в полостях рабочего цилиндра как при прямом,

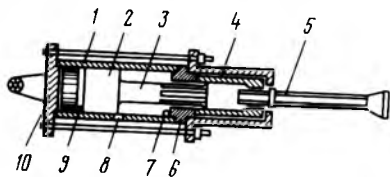


Рис. 22. Устройство перфоратора

так и обратном ходе поршня-ударника. Правильно выбранная система воздухораспределения определяет надежность и экономичность работы перфоратора.

Она должна обеспечивать запуск при любом положении перфоратора, оптимальные параметры с минимальной вибрацией и отдачей, иметь простую и технологичную конструкцию.

Воздухораспределительные устройства современных перфораторов можно разделить на две группы: клапанные и золотниковые. К клапанным относятся такие устройства, у которых исполнительный орган (клапан) открывает подающие сжатый воздух каналы, расположенные по движению клапана. По форме клапаны могут быть пластинчатые, кольцевые, фланцевые, мотыльковые, дисковые, откидные, грибовидные и т.п. Золотник открывает каналы, расположенные перпендикулярно своему движению. Золотники можно разделить на две большие группы: свободные и жесткие. Свободные золотники перекидываются за счет сжатого воздуха, поступающего по специальным каналам, а жесткий золотник механически связан с поршнем или даже располагается на самом поршне. Золотник на штоке поршня применяется у высокочастотных перфораторов.

В ручных высокочастотных перфораторах встроены, как правило, плоский, кольцевой или фланцевый клапаны, т.е. клапаны легкие, на перекидку которых затрачивается мало энергии и времени (0,001—0,015 с), в перфораторе средней массы с нормальной частотой — дисковые откидные клапаны. Воздухораспределение со свободным золотником применяется преимущественно в мощных перфораторах с небольшой частотой ударов. Сжимаемый воздух давит на клапан справа. Когда поршень проходит кольцевые выточки и соединяет левую часть цилиндра с выхлопным отверстием, клапан перебрасывается влево и повторяется рабочий ход.

При работе перфоратора бурение сопровождается поворотом бура на некоторый угол после каждого удара по забою шпура.

Для вращения бура применяется механизм поворота с отдельным геликоидальным стержнем (рис. 23) и геликоидальными нарезками на штоке поршня-ударника (рис. 24).

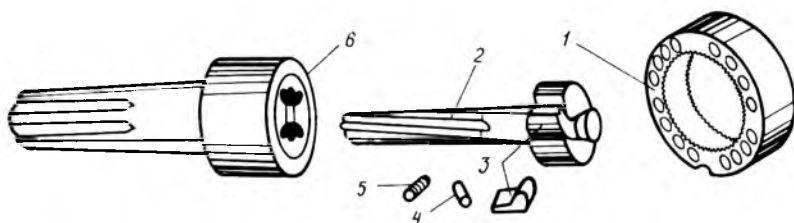


Рис. 23. Устройство для поворота бура с геликоидальным стержнем:

1 — храповая буска; 2 — винтовой нарез; 3 — собачка; 4 — натяжной стержень; 5 — пружина; 6 — геликоидальная гайка

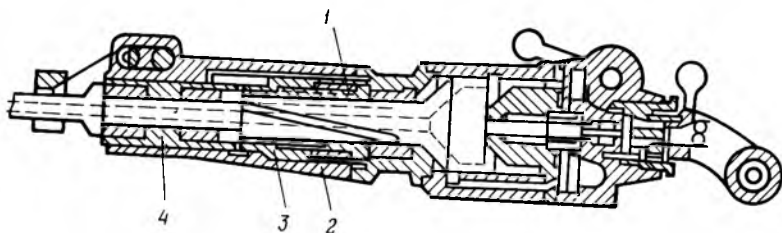


Рис. 24. Устройство для поворота бура с геликоидальными нарезками на штоке поршня:

1 — храповое кольцо с гайкой; 2 — корпус; 3 — гайка; 4 — поворотная втулка

В первом случае при движении поршня слева направо (рабочий ход) собачки храпового устройства не препятствуют вращению геликоидального стержня, который поворачивается в соответствии с направлением спиральных выступов геликоидальной гайки. Сам поршень в это время не поворачивается, а движется прямолинейно. При холостом ходе поршня (справа налево) собачки упираются в зубья храповой буксы и не допускают вращения геликоидального стержня. Это вызывает поворот поршня, шток которого, в свою очередь (благодаря наличию прямых выступов), поворачивает поворотную буксу и бур. Таким образом, после каждого удара происходит поворот бура на холостом ходе поршня.

При наличии механизма поворота бура с геликоидальными нарезками на штоке поршня-ударника при рабочем ходе поршень не поворачивается, а происходит поворот втулки благодаря спиральным вырезам, так как собачки не мешают ее повороту (см. рис. 24).

Поворотная втулка вместе со вставленным в нее буром остается неподвижной. При холостом ходе поршня собачки противодействуют повороту храпового кольца, а поворачивается на некоторый угол только поршень вместе с поворотной втулкой и буром. Буровая мелочь из забоя шпура удаляется продувкой сжатым воздухом, отсасыванием или промывкой.

§ 30. Технические характеристики и условия применения бурильных машин

Перфораторы в зависимости от условий применения и массы подразделяются на три группы: переносные (ручные), телескопные и колонковые.

На карьерах для бурения шпуров применяются переносные перфораторы.

Наиболее широко применяются перфораторы ПП25В, ПП36В, ПП50В1. Их применяют для бурения шпуров в породах средней крепости и крепких (рис. 25).

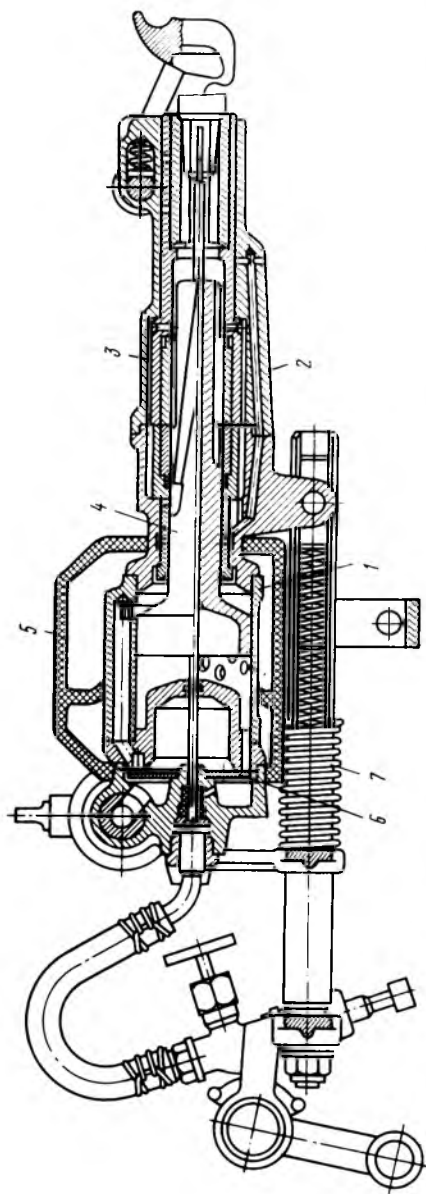


Рис. 25. Устройство перфоратора ПП25В:

1 — цилиндр; 2 — патрон; 3 — поворотная букаса; 4 — поршень; 5 — глушитель шума; 6 — клапан; 7 — виброгасящая каретка

Техническая характеристика переносных перфораторов

Тип перфоратора	ПП36В	ПП50В1	ПП54В1	ПП54ВБ1	ПП63В
Расход воздуха, м ³ /мин	2,8	3,4	4,1	4,1	3,85
Частота удара, с ⁻¹	38,3	37	39,2	39,2	30
Энергия удара, Дж	36	54	55,5	55,5	63,7
Ход поршня, мм	46	45	45	45	71
Длина, мм	705	717	820	895	860
Диаметр поршня, мм	72	80	85	85	75
Масса, кг.	24	30	31,5	31,5	33

Тип перфоратора	ПП63ВБ	ПП63С	ПП63П	ПП63СВП	ПР30К
Расход воздуха, м ³ /мин	3,85	3,85	3,85	3,85	4
Частота удара, с ⁻¹	30	30	30	30	37
Энергия удара, Дж	63,7	63,7	63,7	63,7	60
Ход поршня, мм	71	71	71	71	70
Длина, мм	920	750	880	880	650
Диаметр поршня, мм	75	75	75	75	76
Масса, кг.	33	33	33	33	36

На базе основных перфораторов выпускаются перфораторы ПП54ВБ и ПП63ВБ с боковой промывкой.

Перфоратор ПП63С имеет усиленную центральную продувку и применяется для бурения шпуров в сильно обводненных условиях.

Для районов вечной мерзлоты, высокогорной и пустынной местности, где подача воды для промывки при бурении затруднена, выпускаются перфораторы ПП63П с центральным пылеотсосом. Они эксплуатируются вместе с пылеуловителем ПО-4М.

При разработке вечномерзлотных россыпей северо-востока и в условиях, где подача воды на промывку невозможна или затруднена, применяют перфоратор ПП63СВП. Он оборудован устройством интенсивной продувки в сочетании с увлажнением буровой мелочи жидкостью с низкой температурой замерзания при очистке забоя шпура.

Для бурения шпуров по углю и мягким породам используются электросверла. Управление электросверлами — дистанционное по искробезопасной схеме.

Техническая характеристика электросверл во взрывоопасном исполнении

Тип электросверла	ЭР14Д-2М	ЭР18Д-2М	СЭР-19М
Диаметр шпуров, мм	43	43	50
Глубина бурения шпуров, м.	3	3	3
Частота вращения шпинделя, с ⁻¹	14,3	10,7	10; 12,5; 16
Номинальный вращающий момент шпинделя, Н·м	10,6	19,9	90
Номинальная мощность на шпинделе, кВт	1	1,4	1,2
Номинальное напряжение, В	—	127	—
Частота, Гц	—	50	—
Основные размеры, мм:			
длина	380	395	350
ширина	316	316	318
высота	248	248	300
Масса, кг.	16	17	16,5

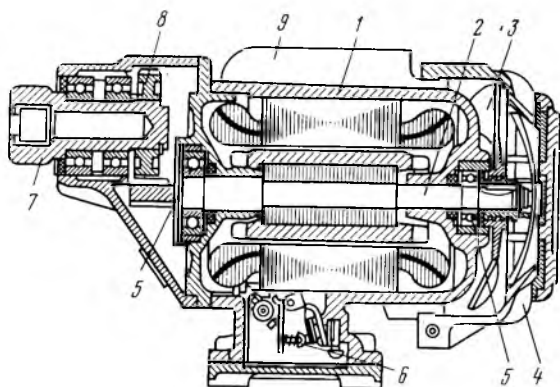


Рис. 26. Ручное сверло СЭР-19М:

1 — электродвигатель; 2 — ротор; 3 — вентилятор; 4 — колпак; 5 — подшипники; 6 — выключатель; 7 — шпиндель; 8 — шестерня редуктора; 9 — корпус с рукоятками

Электросверло СЭР-19М предназначено для бурения шпуров по углю и мягким породам (рис. 26). Оно состоит из электродвигателя, редуктора и кабельного ввода. Статор электродвигателя запрессован в изолированный ребристый корпус. Ротор вращателя размещается на двух радиальных шарикоподшипниках. На конце вала ротора закреплен осевой вентилятор, который закрыт специальным колпачком. Выключатель смонтирован в камере корпуса. Редуктор электросверла одноступенчатый. Электросверло получает питание от пускового агрегата АП-3,5М, который соединяется со сверлом через реверсивную муфту МР-5М. Управление электросверлом дистанционное. Оно осуществляется по искробезопасной схеме пятижильным кабелем ШРБ 5×4. Пусковой агрегат АД-3,5М имеет промежуточное реле, настроенное на ток диода Д226Г, который помещают в камеру выключателя электросверла. В случае замыкания жил цепи управления реле агрегата не сработает и предохранит от самовключения двигатель электросверла.

§ 31. Борьба с вибрацией и шумом при бурении шпуров

У современных перфораторов вибрация значительно превышает нормы, что при длительной работе бурильщика без виброзащитных устройств может привести к вибрационной болезни. Поэтому для защиты бурильщиков от вибрации применяются виброзащитные устройства.

Виброгасящее устройство перфоратора состоит из рамы 6, сваренной из двух труб, скрепленных кронштейном (рис. 27).

В трубах помещены рабочие пружины 3 и ползуны 1. Между направляющим кронштейном 5 и упорными кольцами на трубах рамы установлены вспомогательные пружины 4, предназначенные для гашения вибрации работающего перфоратора при извлечении буровой штанги из шпура.

Виброгасящее устройство соединяется с перфоратором осью 2, встав-

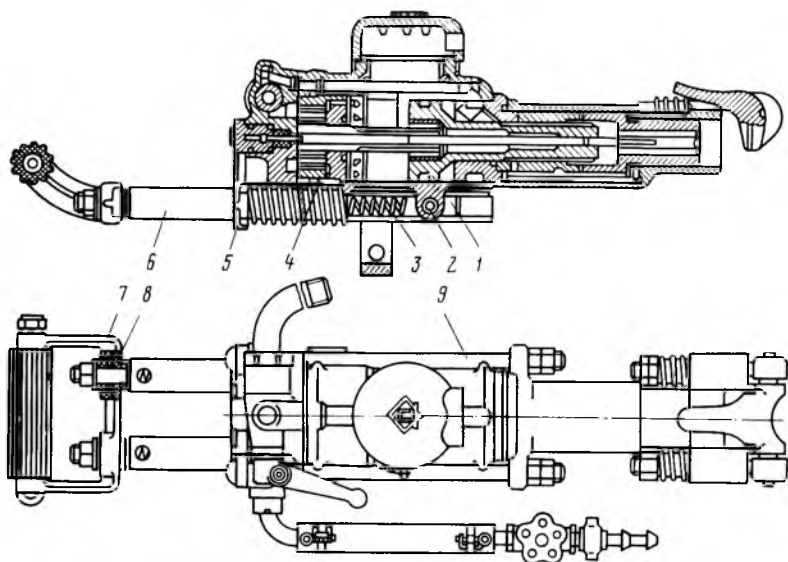


Рис. 27. Виброгасящее устройство перфоратора

ляемой в отверстие прилива цилиндра перфоратора и при помощи направляющего кронштейна 5, установленного под головками стяжных болтов 9. В трубах рамы 6 имеются пазы, по которым виброгасящее устройство перемещается относительно перфоратора.

Усилие подачи от пневматической поддержки передается перфоратору через рабочие пружины. Кронштейн рукоятки 7 виброгасящего устройства изолируется от рамы эластичными кольцами 8, гасящими высокочастотную вибрацию. Массы виброгасящего устройства — 6 кг. Следует иметь в виду, что виброгасящие устройства, как правило, гасят колебания с низкими частотами.

Для гашения колебания с высокими частотами рекомендуется применять виброизоляционные рукавицы. Такие рукавицы изготавливаются с вкладышами из полихлорвинила ПХВ-15. Рукавицы уменьшают уровень вибрации в среднем на 5 дБ на частотах 20—40 Гц, 10 дБ на частотах 50—100 Гц и 20 дБ на частотах более 100 Гц. Масса вкладыша 37—40 г. Виброзащитные рукавицы должны быть непромокаемыми, поскольку вибрационная болезнь сильно прогрессирует, если руки работающих влажные.

При работе перфораторов в результате выхлопа отработанного воздуха, вибрации буровых штанг и соударения деталей возникает шум, превышающий санитарные нормы. При длительном воздействии интенсивного шума на человека у него развивается тугоухость и поражается нервная система. Допустимые уровни шума определяются санитарными нормами и правилами.

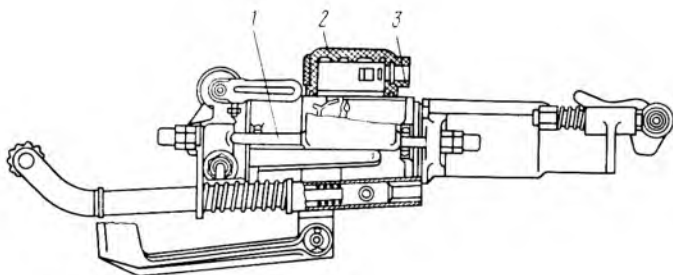


Рис. 28. Глушитель шума перфоратора:

1 — стяжной болт; 2 — глушитель; 3 — насадка

На перфораторах, изготовляемых заводами “Коммунист” и “Пневматика”, установлены глушители шума, выполненные в виде резинового колпака (рис. 28). Глушитель снижает звуковое давление, определяющее уровень шума, с 119 до 114 дБ. Масса глушителя 1,6 кг.

Для индивидуальной защиты слухового аппарата применяют заглушки из ткани ФП, которые понижают уровень шума на 15–30 дБ. Применяются также антифоны (изготавливаются заводом “Прогресс”), заглушающая способность которых достигает 10–32 дБ.

Для бурильщиков выпускается противoshумная каска ВЦНИИОТ-2М с наушниками, снижающая уровень шума особенно эффективно на частотах 2000–4000 Гц, наиболее опасных для человека. Эффективность противoshумов составляет 45 дБ, что соответствует снижению громкости под наушниками в 23 раза. В низкочастотной части спектра заглушающая способность наушников невелика, что позволяет слышать разговорную речь.

Как правило, уровень шума до 85 дБ не приводит к потере слуха. Шум более 100 дБ травмирует слуховой аппарат человека.

§ 32. Буровой инструмент

Буровые коронки. Для бурения шпуров перфораторами применяются главным образом составные буры со съемными коронками, армированными твердыми сплавами (рис. 29). Применение съемных коронок исключает необходимость транспортировать большое число буров для переточки и упрощает бурозаправочное хозяйство.

В зависимости от свойств буримых пород применяются коронки различной формы: долотчатые пластинчатые (КДП), долотчатые штыревые (КДШ), трехперые пластинчатые (КТП), трехперые штыревые (КТШ), крестовые долотчатые (ККП), крестовые штыревые (ККШ), Х-образные пластинчатые (КХП) и Х-образные штыревые (КХШ). Типоразмеры коронок определяются ГОСТ 17196–77. Для коронок установлен следующий типоразмер наружных диаметров: 28, 32, 36, 40, 43, 46,

Таблица 23

Параметры выпускаемых коронок

Форма головки	Типоразмер коронки	Высота коронки, мм	Диаметр корпуса, мм	Масса коронки, кг	Масса твердого сплава, кг	Завод-изготовитель
Долотчатая	КПД 32-19	65	28	0,3	0,0522	Кузнецкий машиностроительный завод
	КПД 40-25	75	35	0,45	0,0845	
	КПД 43-25	75	35	0,49	0,0912	
	БКПМ36-22	75	32	0,3	0,0736	Самаркандский опытный завод буровых инструментов
	БКПМ36-22Ф	75	32	0,29	0,075	
	БКПМ40-22	75	35	0,47	0,085	
	БКПМ40-22Ф	75	35	0,45	0,085	
	БКПМ40-22С	75	35	0,46	0,085	
	БКПМ40-22ФС	75	35	0,45	0,085	
	БКПМ40-25	75	35	0,45	0,085	
	БКПМ40-25Ф	75	35	0,42	0,085	
	БКПМ40-25С	75	35	0,45	0,085	
	БКПМ40-25ФС	75	35	0,44	0,085	
Трехперая	КТШ 36-22	70	32	0,43	0,122	Кузнецкий машиностроительный завод
	КТШ 40-25	75	35	0,51	0,132	
	КТШ 43-25	75	37	0,632	0,132	
	КТШ 52-25	80	40	0,75	0,15	
Крестовая	КЛ 38-25	60	32	0,23	—	Самаркандский опытный завод буровых инструментов
	ККП 40-25	75	35	0,475	0,024	
	ККП 43-25	75	35	0,59	0,031	
	БУ 43-25	78	34	0,42	0,086	
	КУВШ 43-25	82	34	0,45	0,074	
	КДГ 46	73	28	0,37	0,086	
	БУ 52	80	34	0,55	0,098	
	КДГ 56	78	33	0,57	0,108	
	БКПМ36-22КМ	78	32	0,39	0,078	
	БКПМ36-25КМ	78	32	0,38	0,078	
	БКПМ40-25КМ	78	35	0,46	0,111	
	БКПМ42-25КМ	78	35	0,51	0,146	
	БКПМ42-26КМ	78	37	0,505	0,146	

В корпусе резца, предназначенного для бурения с промывкой, имеется отверстие для подачи воды к забой шпура.

Буры и буровые штанги. Буры используются для передачи на забой шпура ударного импульса в породу и передачи крутящего момента лезвию инструмента. Цельные буры могут быть со стальной закаленной головкой и головкой, армированной твердым сплавом.

Применение цельных буров обеспечивает более высокую производительность бурильщика, благодаря меньшим потерям при передаче на

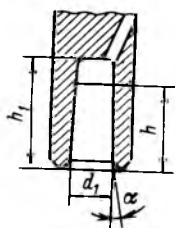
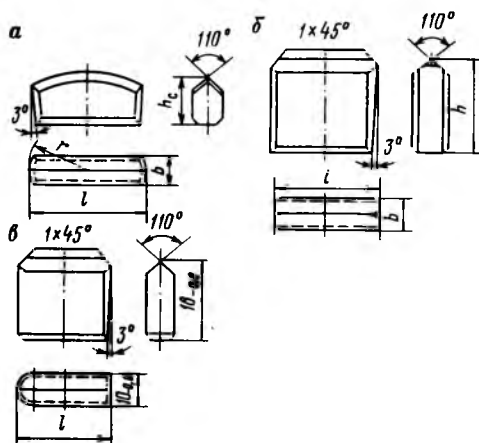


Рис. 30. Конусное соединение коронок со штангами (d_1 — диаметр входного отверстия конуса; α — угол наклона; h — высота конусной части; h — общая высота)

Рис. 31. Формы пластинок твердого сплава:

a — Г11; $б$ — Г12; $в$ — Г13; h_c — высота сплава; l — ширина пластины; b — толщина пластины; r — радиус закругления пластины



забой шпура ударного импульса, а также в результате большой прочности. Применение цельных буров увеличивает скорость бурения на 20—30 %.

Цельные буры с головкой диаметром 31—34 мм из стали диаметром 22 мм, длиной 800, 1600, 2400 и 3200 мм изготавливает Кузнецкий машиностроительный завод.

На открытых горных работах широко применяют составные буры, состоящие из коронки 1, набора штанг 2, соединительных муфт 3 и хвостовика 4 (рис. 32).

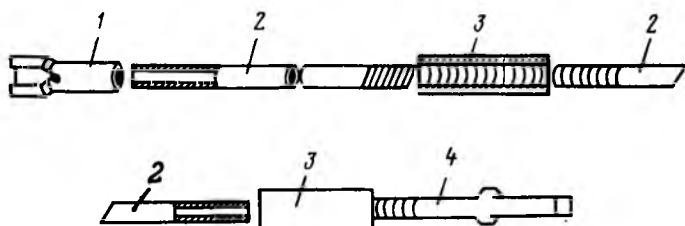


Рис. 32. Составной бур

Элементы составного бура соединяются с помощью конуса или резьбы. Наибольшее распространение получили конусные соединения с углом посадочного конуса 7° .

§ 33. Режим работы и скорость бурения бурильных машин

Механическая скорость бурения перфораторами зависит от свойств буримой породы, диаметра шпура, величины удара, формы ударного импульса, частот ударов поршня и вращения бура, глубины скважины, усилия подачи, сечения буровых штанг, типа коронки или долота и других факторов. Совместное влияние перечисленных факторов на скорость бурения определить очень трудно, поэтому учитываются только главные из них.

Механическая скорость бурения (мм/мин) приблизительно может быть определена по формулам:

$$v = \frac{2190 An}{d^2} \sigma_{сж}^{-0,59};$$

$$v = \frac{408 An}{d^2} p_k^{-0,484},$$

где A — энергия удара поршня, Дж·м; n — число ударов поршня в минуту; d — диаметр шпура, мм; $\sigma_{сж}$ — временное сопротивление сжатию, Па; p_k — контактная прочность, Па.

Данные о $\sigma_{сж}$ и p_k приведены в табл. 24.

При уменьшении диаметра шпура скорость бурения возрастает для крепких пород во второй и третьей степени, а для пород средней крепости пропорционально второй степени. С увеличением глубины шпура скорость бурения падает. На глубине 3,5 м для ручных перфораторов она равна половине скорости бурения на глубине 1 м. Поэтому ручные перфораторы нецелесообразно применять для бурения шпуров глубиной не более 3,5 м.

Изменение скорости бурения шпуров в граните в зависимости от давления сжатого воздуха (диаметр шпуров 34 мм, буры цельные диаметров 22,2 мм, расход воды 5 л/мин) приведены ниже.

Масса перфоратора, кг	26,8	29
Скорость бурения (мм/мин) при давлении сжатого воздуха, МПа:		
0,4	300	340
0,5	400	430
0,6	500	625
Расход воздуха (м ³ /мин) при давлении сжатого воздуха, МПа:		
0,4	2,4	2,5
0,5	2,8	3,2
0,6	3,7	4,1

Таблица 24

Параметры разрушения горных пород при бурении

Порода	Временное сопротивление сжатию, МПа	Контактная прочность, МПа
Песчаник среднезернистый	13	2,7
Песчаник мелкозернистый	20,8	1,9
Мрамор белый	29,6	9,8
Известняк доломитизированный	72	19,2
Гранит	89,6	24,5
Гранодиорит	95,3	22,6
Диабаз серитизированный	107	12,3
Диабаз окварцованный светло-зеленый	135	18,1
Сидерит кристаллический	139	16,1
Кварцит белый	166	41,8
Кварцит с вкрапленностью сульфидов	177	30
Кварцит бакальский	190	39,3

Таблица 25

Параметры работы бурильных машин

Порода	Коэффициент крепости пород f	Частота вращения резца, мин ⁻¹	Осевое усилие на резец, кН	Скорость бурения, см/мин
Каменный уголь и антрацит	1,5–2	600–1500	0,4–1,2	200–60
Глинистый сланец	3–4	400–600	1,5–4,5	1500–200
Песчаник средней крепости	6	300–450	6–8	100
Крепкий песчаник	8–10	200–300	9–10	30–50

Из вышесказанного следует, что с увеличением давления скорость бурения увеличивается, а расход воздуха на 1 м шпура уменьшается. Все это указывает на целесообразность увеличения давления сжатого воздуха в сети.

Для легких перфораторов осевое усилие подачи составляет 0,4–0,5 кН, для более тяжелых – 0,8–1,2 кН.

Оптимальное осевое усилие подачи

$$P_{ос} = 0,35 p D_3^2,$$

где p – давление сжатого воздуха в сети, Па; D_3 – эффективный диаметр цилиндра перфоратора;

$$D_3 = \sqrt{D_{ц} - d_c^2},$$

где D_c — диаметр цилиндра перфоратора, см; d_c — диаметр геликоидального стержня, см.

Значительные усилия с руки трудно осуществить, даже пользуясь пневматической поддержкой, поэтому там, где возможно, рекомендуются пользоваться податчиками.

Скорость вращательного бурения зависит от режима работы бурильных машин, т.е. от частоты вращения шпинделя, скорости подачи бура и величины осевого усилия. Режимы вращательного способа бурения шпуров приведены в табл. 25.

РАЗДЕЛ III

ВЗРЫВЧАТЫЕ ВЕЩЕСТВА И СРЕДСТВА ИНИЦИИРОВАНИЯ

Глава VIII

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ О ВЗРЫВЕ И ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВАХ

§ 34. Классификация взрывов

Взрыв — чрезвычайно быстрое физическое или химическое превращение вещества или смеси веществ из одного состояния в другое с переходом потенциальной энергии в кинетическую энергию продуктов превращения.

Основным характерным признаком взрыва является крайне быстрое проявление давления.

В зависимости от вида исходной энергии различают взрывы физические, химические и ядерные.

При физических взрывах происходят только физические превращения веществ (переход перегретой жидкости в пар или газ, расширение сжатого воздуха) с сохранением постоянства их химического состава. Примером физических взрывов могут служить взрывы баллонов со сжатым газом, паровых котлов и т.п.

При химических взрывах происходит быстрое химическое превращение веществ с образованием газов или паров и выделением тепла. Примером химического взрыва может служить взрыв любого ВВ, метано-воздушной смеси, взвеси угольной пыли в воздухе и т.п.

При ядерных взрывах энергия выделяется вследствие цепных реакций деления ядер или вследствие реакций синтеза новых ядер. При этих реакциях на единицу массы исходного вещества выделяется в миллионы раз больше тепловой энергии, чем при химическом взрыве.

§ 35. Взрывчатые вещества

Взрывчатыми веществами (ВВ) называют индивидуальные химические соединения или смеси веществ, способные под влиянием того или иного внешнего воздействия (удара, трения, нагревания, взрыва заряда другого ВВ) к быстрой химической реакции, сопровождающейся выделением большого количества тепла и образованием газов.

Все ВВ по степени устойчивости горения могут быть разделены на три основных класса: инициирующие, бризантные и метательные (пороха).

Отличительной особенностью инициирующих ВВ является то, что их горение очень легко и быстро переходит в детонацию. Инициирующие ВВ также характеризуются очень высокой чувствительностью к внешним воздействиям. Благодаря перечисленным качествам инициирующие ВВ используют для возбуждения взрыва зарядов бризантных ВВ.

Горение бризантных ВВ обычно устойчиво. Оно может перейти в детонацию лишь при некоторых условиях (пористая структура, замкнутый объем, большая масса ВВ и т. п.).

Еще большей устойчивостью отличается горение порохов.

К взрывчатым химическим соединениям, используемым в качестве бризантных ВВ, относятся различные нитросоединения (тротил, динитронафталин и др.), нитроэфиры (нитроглицерин, ТЭН и др.) и нитроамины (гексоген, тетрил и др.). При взрыве таких соединений основная часть тепла выделяется в результате окисления горючих элементов (водород и углерод) кислородом, причем все они находятся в составе молекулы данного ВВ.

Однако вследствие ряда причин (высокая чувствительность, высокая стоимость и т. п.) химические соединения редко используют в качестве промышленных ВВ. Для выполнения взрывных работ в народном хозяйстве широкое применение находят взрывчатые смеси.

В принципе любая смесь окислителя с горючим может быть взрывчатой.

Окислителями называют вещества, содержащие избыточный кислород, который при взрыве расходуется на окисление горючих элементов. В качестве окислителей наиболее широкое применение получили аммиачная селитра, натриевая и кальциевые селитры, перхлорат аммония и т. п.

Горючими добавками называют вещества, богатые водородом и углеродом (нефтепродукты, угольная пыль, древесная мука и т. д.), а также порошки металлов (алюминия, магния и т. д.), легко окисляющиеся при взрыве и выделяющие при этом большое количество тепла. Иногда роль горючих добавок в смесевых ВВ выполняют взрывчатые химические соединения (тротил, динитронафталин и т. д.), имеющие в своем составе количество кислорода, недостаточное для полного окисления содержащихся в них горючих элементов.

По своему физическому состоянию взрывчатые смеси разделяются на следующие:

- газообразные ВВ (метано-воздушная смесь и др.);
- аэрозоли (смеси пыли различных горючих веществ с воздухом);
- жидкие (смеси тетранитрометана с бензолом и т.д.);
- эмульсии (несмешивающиеся смеси двух жидких компонентов);
- смеси твердых компонентов с жидкими (увлажненные порошки и суспензии);
- смеси твердых компонентов.

Практическое применение в качестве промышленных ВВ имеют составы, относящиеся к трем последним группам. Причем, если раньше в качестве промышленных ВВ широко использовали смеси твердых компонентов (аммониты, аммоналы, граммониты), то в последнее время все шире и шире используют смеси твердых компонентов с жидкими (игданиты, гранулиты, водосодержащие ВВ), а также эмульсионные составы.

§ 36. Формы превращения взрывчатых веществ

Существуют три наиболее характерные формы взрывчатого превращения ВВ: термическое разложение, горение, детонация.

Термическое разложение наблюдается при нагреве ВВ ниже температуры вспышки. Скорость его зависит от температуры нагрева ВВ.

Если приход тепла при термическом распаде больше, чем его отвод в окружающую среду, то температура вещества все время возрастает, что приводит к автоускорению реакции. Наступает так называемый тепловой взрыв, когда сразу с большой скоростью разлагаются большие массы ВВ.

Изучение термического разложения необходимо для решения проблем химической стойкости ВВ, определяющих безопасные условия хранения и переработки ВВ.

Горение возникает при сильных местных нагревах ВВ выше температуры его вспышки (поджигании, разогреве трением и т.п.) и характеризуется сравнительно медленным (от миллиметров до сантиметров в секунду) распространением по веществу зоны реакции (пламени) в результате прогрева впереди лежащих слоев вещества.

Скорость горения или распространения пламени по веществу зависит от физико-химических свойств ВВ и внешних условий (давления, температуры).

Детонация — процесс взрывчатого превращения, вызываемый скачком давления, т.е. прохождением по веществу ударной волны, распространяющейся с постоянной для данного ВВ и данного физического его состояния сверхзвуковой скоростью.

Разогрев, необходимый для возбуждения химической реакции при детонации, достигается в результате адиабатического сжатия вещества в ударной волне.

При детонации вследствие большой скорости (3—8 км/с) ее пространства развиваются максимальные давления (сотни тысяч атмосфер) и в результате наблюдается максимальное разрушающее действие.

§ 37. Начальный импульс и его виды.

Чувствительность ВВ к различным воздействиям

Для возбуждения детонации ВВ необходимо приложить к заряду определенное количество энергии, которая по сравнению с энергией, выделяемой взрывом возбуждаемого ВВ, ничтожна и имеет своей целью вывести из состояния равновесия небольшую часть молекул ВВ. Дальнейшее распространение взрывчатого превращения по всей массе ВВ происходит непрерывно за счет энергии, выделяющейся при взрывчатом превращении каждого предыдущего слоя ВВ.

Внешнее воздействие на заряд, необходимое и достаточное для возбуждения взрыва ВВ, называют начальным импульсом. А процесс возбуждения детонации ВВ приложением начального импульса к заряду называют иницированием.

Опыт показывает, что одни ВВ взрываются от слабого воздействия, другие — от значительно более сильного. Иначе говоря, различные ВВ обладают различной чувствительностью к внешним воздействиям.

Чувствительность есть способность ВВ реагировать на внешние воздействия горения или взрыва; чувствительность ВВ характеризуют минимальной величиной начального импульса, необходимой для возбуждения взрывного превращения ВВ.

В зависимости от вида начального импульса различают чувствительность к механическим воздействиям (удар, трение), чувствительность к тепловым воздействиям (нагрев, поджигание), чувствительность к ударно-волновому импульсу и чувствительность к взрывным импульсам.

Чувствительность ВВ к механическим воздействиям зависит как от энергии воздействия, так и от условий деформации. Для оценки чувствительности ВВ к механическим воздействиям существуют методы определения чувствительности к удару и трению.

Наиболее распространены так называемые копровые пробы. В них небольшую навеску ВВ (обычно 0,02—0,05 г) помещают между двумя роликами штемпельного приборчика (рис. 33) и по верхнему ролику производят удар грузом, падающим с некоторой высоты.

Определение чувствительности порошкообразных, литых, жидких и вязкотекучих ВВ к удару производят по ГОСТ 4545—80.

Характеристиками чувствительности ВВ к удару являются:

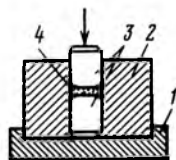
нижний предел чувствительности (основная характеристика);

максимальная высота сбрасывания груза, при которой не наблюдается ни одного или не более одного взрыва на 25 испытаний;

частота взрывов (дополнительная характеристика) — число взрывов в процентах из 25 испытаний;

Рис. 33. Узел прибора для размещения навески ВВ при определении чувствительности к удару:

1 — основание; 2 — муфта; 3 — стальные ролики; 4 — навеска ВВ



высота, соответствующая частоте взрывов, равной 50 % (дополнительная характеристика).

При проведении испытаний используют испытательные приборы различной конструкции. Так, испытания порошкообразных, пластичных, эластичных, гранулированных ВВ и смесей на их основе проводят в приборе № 1 (обойма с гладкими стенками) и в приборе № 2 (обойма имеет поперечную канавку).

Определение чувствительности к удару жидких, вязкотекучих ВВ и смесей на их основе проводят в приборе № 3 (в котором навеску ВВ помещают в колпачок из мягкого металла) и в приборе № 4 (с приподнятым верхним роликом).

Благодаря различной конструкции роликовых испытательных приборов создаются разные условия для течения вещества при ударе.

Помимо испытаний на малых (0,05—0,1 г) навесках в ГОСТ 4545—80 предусмотрено определение чувствительности ВВ к удару на больших ($3 \pm 0,1$ г) навесках.

По этому методу порошкообразные, гранулированные, пластичные, эластичные, жидкие и вязкотекучие ВВ испытывают в чашечках из алюминевой или медной фольги диаметром 20 мм, а ВВ, находящиеся в литом или прессованном состоянии, испытывают в таблетках диаметром 20 мм. Таблетки или чашечки с ВВ помещают по центру между двумя стальными дисками диаметром 41 мм, толщиной 10 мм и с определенной высоты ударяют грузом массой 24 г.

Чувствительность ВВ к трению также испытывают на приборах различного типа, например на приборе И-6-2, в котором навеску ВВ массой 0,03 г помещают между стальными пластинками, вращающимися с частотой $5,4 \text{ с}^{-1}$. Определяют давление прижатия пластин, при котором происходит взрыв в течение не более 3 с вращения. Для ужесточения условий испытания к ВВ добавляют 0,01 г кварцевого песка, увеличивающего чувствительность ВВ.

Чувствительность ВВ к механическим воздействиям имеет большое значение при выборе и создании машин для механизированного заряжания ВВ (табл. 26).

Мерой чувствительности ВВ к тепловому импульсу служит температура вспышки. Ее определяют следующим образом. Навеску ВВ (0,05 г) в пробирке помещают в баню, заполненную легкоплавким сплавом Вуда и предварительно нагретую до 100°C . Производят дальнейший нагрев бани со скоростью 20°C в минуту и фиксируют ту температуру, при которой происходит вспышка ВВ.

Таблица 26

Чувствительность ВВ к механическим воздействиям

ВВ	Нижний предел чувствительности (груз 10 кг, приборчик № 2), мм	Частота взрывов при грузе 10 кг, падающем с высоты 25 см, %		Частота взрывов на большом копье (высота падения груза 200 см), %	Давление прижатия на приборе И-6-2, проба с песком, МПа
		в приборчике № 2	в стандартных приборчиках		
ТЭН	—	—	100	100	31
Гексоген	—	—	90	—	49
Тетрил (эталон)	150	24	44	—	65
Тротил (порошок)	500	0	4—28	20	190
Детонит М	70	100	40—60	64	153—193
Аммоний скальный № 1	100	52	40—60	80	120
Аммонит 6ЖВ	500	0	16—32	24	250
Аммонит ПЖВ-20	250	12	12—24	28	215
Граммонит 79/21	500	0	4	48	250
Гранулотол	—	—	8—12	—	—
Алюмотол	500	0	0	84	210
Гранулит АС-8	—	—	8—12	—	—
Аммиачная селитра	—	—	0	0—4	300

Большинство промышленных ВВ при поджигании на открытом воздухе сгорает без взрыва. В замкнутом объеме (железнодорожных вагонах, трюмах судов, закрытых помещениях и др.) и при больших массах горение промышленных ВВ может перейти во взрыв.

Температура вспышки некоторых ВВ, °С

Пироксилин	195
Дымный порох	290
Гремучая ртуть	175—180
Азид свинца	230—340
Тенерес	275
Нитроглицерин	200—205
ТЭН	205—215
Гексоген	215—230
Тротил	290—300
Аммониты	280—320
Предохранительные аммониты	250—350

Для безопасного и эффективного ведения взрывных работ большое значение имеет знание чувствительности того или иного ВВ к различным параметрам взрывных импульсов.

Величина начального импульса, необходимого для инициирования взрывчатого вещества, различна не только для разных ВВ, но и для одного и того же ВВ при его различном физическом состоянии. Чувствитель-

ность к инициированию принято оценивать массой инициирующего ВВ, вызывающего детонацию во взрываеом ВВ. Эту величину называют минимальным инициирующим импульсом и выражают в граммах инициирующего ВВ. Минимальный инициирующий импульс для ряда ВВ при плотности 1 г/см³ имеет следующие значения (в граммах гремучей ртути).

Тротил	0,25—0,26
Тетрил	0,15
Гексоген	0,14
ТЭН	0,15
Аммонит 6ЖВ	0,17
Скальный аммонит № 1	0,19
Гранулотол	30—50
Алюмотол	25—30

Многие современные промышленные ВВ, гранулированные и водосодержащие, — не детонируют от взрыва электродетонатора № 8. Для них требуется более сильный начальный импульс в виде взрыва промежуточного детонатора, в качестве которого используют патронированные ВВ из аммонита 6ЖВ или шашки из прессованного тротила (ТП-400Г). Для инициирования зарядов гранулированных и водосодержащих ВВ следует применять шашки ТП-400Г или ТГ-500.

§ 38. Стойкость взрывчатых веществ

Стойкостью называют способность ВВ сохранять постоянными свои химические, физические и взрывчатые свойства на протяжении установленного гарантийного срока использования. Различают химическую и физическую стойкость ВВ.

Физическая стойкость — способность ВВ сохранять свои физические характеристики и структуру в нормальных условиях хранения и применения (низкая влажность, умеренная температура, отсутствие уплотняющих нагрузок и т. д.).

При рассмотрении физической стойкости рассматриваются следующие свойства ВВ:

гигроскопичность — способность ВВ поглощать влагу из атмосферы и увлажняться;

слеживаемость — способность ВВ терять при хранении сыпучесть и превращаться в сплошную массу со значительным снижением или полной потерей восприимчивости к детонации;

водоустойчивость — способность ВВ сохранять свои взрывные свойства при использовании ВВ в обводненных условиях;

расслаиваемость — свойство ВВ в условиях транспортирования и заряжания терять однородность состава из-за перераспределения компонентов с разной плотностью. В результате расслаиваемости ухудшается детонационная способность ВВ;

сыпучесть — способность ВВ свободно, под действием собственного веса, высыпаться из тары, хорошо заполнять при зарядании свободной засыпкой зарядную полость и хорошо перемещаться по шлангу при пневмозарядании;

текучесть — характеристика жидких и водосодержащих ВВ, показывающая возможность перекачивания ВВ по трубам, в также способность заполнять зарядную камеру под действием собственного веса;

пластичность — способность ВВ к неупругой деформации. Пластичными являются такие ВВ, которые способны легко деформироваться под действием внешних нагрузок и сохранять придаваемую им форму. Ее можно определить по деформации (усадке) столбика ВВ под действием собственного веса и по усилию проникания иглы в массу вещества (пенетрация). Способность пластичных ВВ легко деформироваться позволяет достигать плотности зарядания, близкой к плотности самих ВВ;

пыление — способность сыпучих ВВ при обращении с ними загрязнять окружающую атмосферу и призабойное пространство мелкими частицами ВВ или его компонентов;

летучесть — способность некоторых компонентов ВВ частично или полностью улетучиваться (испаряться, сублимировать) в процессе хранения или применения;

эксудация — способность жидких компонентов мигрировать из состава ВВ под действием капиллярных сил. Эксудации способствует увлажнение, а также чередование охлаждения и нагревания ВВ;

старение — свойство, характерное для пластичных ВВ, структура геля которых со временем изменяется, снижается его вязкость и пластичность, удаляются воздушные пузырьки, которые повышали детонационную способность состава.

Химическая стойкость характеризуется скоростью изменения взрывчатого вещества в результате химических превращений, которые в нем происходят.

Для повышения химической стойкости ВВ в их состав вводят различные добавки, которые оказывают замедляющее действие на процесс разложения. Эти добавки называют стабилизаторами. Например, в нитроэфирсодержащих ВВ в качестве стабилизаторов используют соду или мел.

§ 39. Плотность взрывчатых веществ и зарядания

Для расчета параметров взрыва важное значение имеет плотность ВВ. Различают собственную, или истинную, плотность ВВ, насыпную, или гравиметрическую, плотность (для сыпучих ВВ), плотность ВВ в заряде и плотность зарядания.

Под истинной плотностью понимают собственную плотность вещества, т.е. массу единицы объема данного химического вещества. Для жидких и пластичных веществ истинная плотность определяется изме-

рением массы некоторого объема вещества. Для сыпучих веществ даже при больших степенях уплотнений измеряемая таким образом плотность не отвечает действительной. Поэтому вводят понятие гравиметрической (насыпной) плотности.

Гравиметрическая плотность — характеристика, относящаяся только к сыпучим ВВ, она равна массе единицы объема свободно насыпного вещества. В зависимости от физической структуры (крупность и форма кристаллов, гранул или кусочков вещества) одно и то же ВВ может иметь различную гравиметрическую плотность.

При определении гравиметрической плотности гравиметром заранее определяют массу и объем порожнего сосуда (рис. 34). В сосуд 1 через воронку 3 насыпают ВВ. Верхний край насыпного ВВ сглаживают линейкой 2. Воронку снимают, определяют массу сосуда и высчитывают чистую массу ВВ, находящегося в сосуде. Отношение массы к объему ВВ и является гравиметрической плотностью.

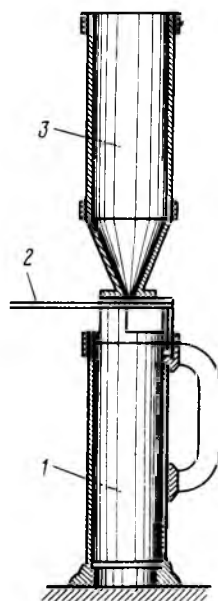


Рис. 34. Гравиметр

Плотностью ВВ в заряде (патроне, шашке) называют отношение массы веществ к объему заряда (патрона, шашки). Плотность ВВ в заряде рассчитывают в результате определения массы патрона на весах с той или иной точностью и измерения объема погружением патрона в воду.

Плотностью заряжения называют отношение массы ВВ к объему зарядной камеры (шпура, скважины или горной выработки), включая в этот объем все воздушные промежутки. Объем зарядной камеры, занимаемый забойкой, в общий объем зарядной камеры не включается. Плотность заряжения существенно влияет на эффект взрыва.

§ 40. Кислородный баланс взрывчатых веществ

Энергия, выделяемая при взрыве, зависит от соотношения кислорода и горючих элементов в составе ВВ. Это соотношение характеризуют кислородным балансом. Кислородный баланс выражает (в %) недостаток или избыток кислорода в составе ВВ против того количества, которое необходимо для полного окисления всех горючих элементов, входящих в состав ВВ. Если в составе ВВ имеется избыток кислорода, то кислородный баланс считается положительным, если недостаток — отрицательным. Если же количество имеющегося в ВВ кислорода точно соответствует затратам его на окисление горючих элементов, то такое ВВ имеет нулевой кислородный баланс.

При отрицательном кислородном балансе в продуктах взрыва увеличивается содержание оксида углерода (CO), а при положительном —

оксидов азота (NO и NO_2). Оксид углерода и оксиды азота являются токсичными веществами. Образование ядовитых газов зависит также от полноты взрывчатого превращения ВВ, что, в свою очередь, определяется правильностью заряжания и правильно выбранными размерами заряда. При взрыве ВВ с нулевым кислородным балансом образуются минимальное количество ядовитых газов и выделяется максимальное количество энергии. Кислородный баланс (в %) некоторых ВВ приведен ниже.

Тротил (гранулотол)	-74
Гексоген	-22
ТЭН	-10
Алюмотол	-76,2
Граммонит 79/21	-0
Гранулит АС-8	+0,3
Гранулит АС-4	+0,4

§ 41. Химические реакции при взрыве.

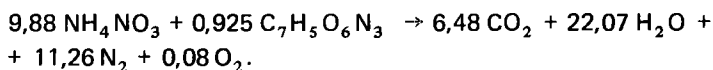
Состав и объем продуктов взрыва

При взрыве выделение тепловой энергии и газов происходит в результате химических реакций, основным типом которых является реакция окисления.

Элементарный состав большинства ВВ и взрывчатых смесей представлен углеродом, водородом, азотом и кислородом. Поэтому продукты взрыва таких ВВ могут состоять из следующих газов: CO_2 ; CO ; H_2O ; H_2 ; N_2 ; NO ; NO_2 ; O_2 . Кроме того, в продуктах взрыва могут находиться и твердые вещества (углерод, соли и оксиды металлов и т.п.). Наличие тех или иных веществ в продуктах взрыва зависит от кислородного баланса ВВ.

При определении состава продуктов взрыва расчетным путем все ВВ делят на три группы: ВВ с положительным или нулевым кислородным балансом; ВВ с отрицательным кислородным балансом, но образующие при взрыве только газообразные продукты; ВВ с отрицательным кислородным балансом, в продуктах взрыва которых содержится твердый углерод. Следует отметить, что расчетный состав продуктов взрыва для ВВ второй и, особенно, третьей групп часто значительно отличается от определенного экспериментально. Для ВВ первой группы, а к ним относятся и большинство современных промышленных ВВ, составление реакций взрывчатого превращения является довольно простой задачей. Для ВВ этой группы из всех возможных химических реакций наиболее вероятными являются те, при которых выделяется максимальное количество тепла. В соответствии с этим углерод будет окисляться до CO_2 , водород до воды, а азот выделяться в виде N_2 . Таким образом, если ВВ имеет нулевой кислородный баланс, то в продуктах взрыва его не должно быть ни оксида углерода, ни свободного кислорода. Если же ВВ имеет положительный кислородный баланс, то в продуктах взрыва будет находиться свободный кислород. В качестве примера приведем уравне-

ние взрывчатого превращения граммонита 79/21:



Однако при взрывных работах состав продуктов взрыва несколько отличается от расчетного, поскольку в продуктах взрыва присутствуют небольшие количества оксида углерода, оксидов азота и т. п.

Зная уравнение взрывчатого превращения ВВ, можно рассчитать объем продуктов взрыва. Воду при этом рассматриваем как газ, твердые продукты не учитываем, так как их объем мал по сравнению с объемом газообразных продуктов взрыва. Тогда в соответствии с вышеприведенным уравнением взрывчатого превращения объем продуктов взрыва граммонита 79/21 составит

$$U_0 = 22,4 \quad n = 22,4 (6,48 + 22,07 + 11,26 + 0,08) \cong 894 \text{ л/кг},$$

где 22,4 — объем моля газов (число Авогадро), л; n — число молей газообразных продуктов, образующихся при взрыве 1 кг ВВ.

Объем газообразных продуктов взрыва можно определить экспериментально путем взрывания заряда испытуемого ВВ в специальных устройствах — бомбах, которые представляют собой толстостенные стальные стаканы с массивной герметически закрывающейся крышкой, снабженной вентилями для откачки воздуха из бомбы и измерения давления газов после взрыва. Бомбы имеют также изолированные электрические вводы для подрыва электродетонатора.

Спустя некоторое время после взрыва заряда ВВ в бомбе измеряют избыточное давление и, зная свободный объем бомбы, рассчитывают объем сухих газов взрыва, так как пары воды к этому времени уже сконденсируются.

§ 42. Свойства ядовитых газов, содержащихся в продуктах взрыва

При взрывчатом превращении ВВ выделяется большое количество тепла и образуются газообразные продукты. Некоторые из этих газов ядовиты и могут явиться причиной отравления работающих в забое.

В состав продуктов взрыва ВВ, детонирующего шнура (ДШ) и продуктов горения огнепроводного шнура (ОШ) могут входить такие ядовитые газы, как оксид углерода CO, оксиды азота NO и NO₂, сернистый ангидрид SO₂, сероводород H₂S. Сероводород и сернистый ангидрид могут образоваться также при наличии серы или сернистых соединений во взорванной среде (при разрушении пород с включением серного колчедана). В продуктах взрыва находятся также ядовитые пары ртути или свинцовые соединения, образующиеся при взрыве капсюлей-детонаторов и электродетонаторов.

Основной причиной образования ядовитых газов при взрыве ВВ является отклонение кислородного баланса ВВ от нулевого. При этом

в случае ВВ с отрицательным кислородным балансом в продуктах взрыва наблюдается повышенное содержание оксида углерода, а в случае ВВ с положительным кислородным балансом — оксидов азота.

Оксид углерода — бесцветный газ со слабым запахом, плотность его по отношению к воздуху составляет 0,967. Оксид углерода — весьма устойчивое соединение, не вступает в химические реакции с водой и плохо растворяется в ней. Смесь оксида углерода (12,5–74,2 %) с воздухом имеет взрывчатые свойства.

При небольшом содержании оксида углерода в воздухе у работающих наблюдаются головные боли, а при большом — наступает острое отравление, выражающееся в потери сознания, судорогах, одышке и головокружении. При отравлении оксидом углерода в атмосфере в количестве 0,017 % по объему после нескольких часов воздействия на организм человека появляются слабые симптомы отравления. Содержание в атмосфере 0,05 % оксида углерода по объему при вдыхании в течение 1 ч оказывает уже заметное влияние, но серьезных расстройств в организме людей не вызывает. Содержание оксида углерода в атмосфере в количестве 0,13 % по объему оказывает опасное влияние на организм человека при вдыхании ее в течение 0,5–1 ч, а содержание оксида углерода в количестве 0,42 % по объему смертельно даже при очень непродолжительном вдыхании.

Оксиды азота — газы еще более опасные, чем оксид углерода. Они имеют резкий характерный запах. Оксид азота устойчив к воде, а двуоксид азота легко в ней растворяется, образуя азотную кислоту. Оксид азота менее токсичен, чем двуоксид азота. Однако на воздухе оксид азота переходит в двуоксид азота, и поэтому при расчетах считают, что токсичность оксида азота равна токсичности двуоксида азота, которая в 6,5 раз превышает токсичность оксида углерода.

При вдыхании оксидов азота они вызывают раздражение легких, а в тяжелых случаях их отек. Патологическое действие оксидов азота проявляется не сразу, а через 4–5 ч.

Содержание оксидов азота в атмосфере всего лишь 0,02 % смертельно для человека даже при кратковременном вдыхании. Предельно допустимая концентрация оксидов азота — 0,005 мг/л или 0,0001 % по объему.

Сернистый ангидрид — бесцветный газ с характерным раздражающим запахом, сильно ядовит. При соединении с влагой образует сернистую кислоту. Содержание в атмосфере 0,03 % сернистого ангидрида опасно для жизни. Предельно допустимая концентрация сернистого ангидрида в воздухе — 0,0007 % по объему.

Сероводород — бесцветный газ с характерным запахом тухлых яиц, очень ядовит. В смеси с воздухом (4,3–4,6 %) образует взрывчатые смеси.

Содержание сероводорода в атмосфере в количестве 0,05 % опасно для жизни. Предельно допустимая концентрация сероводорода — 0,00066 % по объему.

Пары ртути — без цвета, запаха и вкуса. Отравление парами ртути выражается в хроническом заболевании центральной нервной системы и почек. Предельно допустимая концентрация паров ртути в воздухе — 0,00001 мг/л.

Углекислый газ CO_2 не является ядовитым, но вредно действует на работающих под землей. Большая концентрация CO_2 в воздухе нарушает ритм дыхания, вызывает головную боль и шум в ушах.

§ 43. Теплота взрыва

Теплота (удельная энергия) взрыва — количество тепла, которое выделяется при взрывчатом превращении 1 моля или 1 кг ВВ, выражается в кДж/моль или кДж/кг.

Теплота взрыва — одна из основных, наиболее важных характеристик ВВ. Производство теплоты взрыва на плотность заряда выражает собой объемную концентрацию энергии (в кДж/дм³), которая обуславливает эффективность отбойки и дробления горных пород.

Расчет теплоты взрыва основан на законе Г.И. Гесса, согласно которому тепловой эффект химической реакции зависит только от начального и конечного ее состояния и не зависит от промежуточных.

Обозначим индексами 1, 2 и 3 соответственно три состояния — начальное, промежуточное и конечное. Для расчета теплоты взрыва ВВ состояние 1 (начальное) соответствует состоянию химических элементов в стандартных условиях (теплоту образования элементов в стандартных условиях принимают равной нулю). Состояние 2 — это взрывчатое вещество при стандартных условиях, а состояние 3 — продукты взрыва при стандартных условиях. Тогда Q_{1-2} представляет собой теплоту образования ВВ из элементов, Q_{2-3} — теплота взрыва, Q_{1-3} — теплота образования продуктов взрыва из элементов. С учетом этих обозначений закон Гесса для химической реакции при взрыве можно записать в виде

$$Q_{1-3} = Q_{1-2} + Q_{2-3}.$$

Откуда теплота взрыва $Q_{2-3} = Q_{1-3} - Q_{1-2}$.

Теплота образования некоторых компонентов промышленных ВВ и основных продуктов взрыва приведена в табл. 27.

В табл. 27 значения теплот образования представлены в виде теплот образования при постоянном давлении (Q_p), т.е. при таком объеме газообразных продуктов взрыва, который они занимают при стандартных условиях (18 °С и 760 мм рт. ст.). Соответственно и рассчитанное значение теплоты взрыва будет представлять теплоту взрыва при постоянном давлении.

При взрыве же реакция взрывчатого превращения, как правило, успевает завершиться до момента существенного расширения продуктов взрыва, поэтому считают, что реакция протекает без изменения объема, т.е. продукты взрыва по окончании реакции занимают тот же объем,

Таблица 27

Теплота образования при взрыве

Вещество	Химическая формула	Молекулярная масса	Теплота образования, кДж/моль
Тротил	$C_7H_5N_3O_6$	227	73,27
Аммоний азотнокислый (аммиачная селитра)	$H_4N_2O_3$	80	365,76
Дизельное топливо	$C_{13}H_{20}$	176	158,68
Алюминий	Al	27	0

Таблица 28

Расчетная и экспериментальная теплота образования при взрыве

Вещество	Плотность ВВ, г/см ³	Теплота взрыва, кДж/кг	
		расчетная (Q_V)	экспериментальная
ТЭН	1,5–1,6	5882	5862
Гексоген	1,5–1,6	5192–5568	5317–5966
Тротил (гранулотол)	1,0	4082	3643
Алюмотол	1,1	5275	4731
Граммонит 79/21	0,9	4312	4103
Гранулит АС-4	0,9–1,0	4522	4723
Гранулит АС-8	0,9–1,0	5200	5275
Аммонит скальный № 1	0,9–1,0	5409	5234
Аммонал скальный № 3	0,9–1,0	5694	5623

который имело исходное ВВ. Теплоту реакции при постоянном объеме обозначают Q_V .

Между величинами Q_V и Q_p имеется следующая количественная связь:

$$Q_V = Q_p + 0,58 n, \quad (34)$$

где n — число молей газообразных продуктов, образующихся при взрыве одного моля ВВ.

Экспериментальным путем теплоту взрыва определяют в калориметрических установках с бомбами вместимостью от 5 до 50 л, в которых взрывают заряды ВВ массой от 2 до 100 г (табл. 28).

§ 44. Температура взрыва

Температура взрыва — максимальная температура, до которой могут нагреваться при взрыве продукты взрывчатого превращения вследствие выделяющегося при взрыве тепла.

Температуру взрыва можно определить экспериментально, но это связано с большими трудностями из-за чрезвычайно малых времен существования этой температуры и из-за очень высоких абсолютных значений ее (до 5000 °С). Основным методом определения температуры взрыва является расчетный метод.

Для расчета температуры взрыва необходимо знать объем и состав продуктов взрыва, а также теплоту взрывчатого превращения.

Задавшись произвольным значением температуры взрыва (например, 3000 К), можно подсчитать изменение внутренней энергии всех продуктов взрыва при их нагревании от начальной (291 К) температуры до температуры взрыва. Если полученная сумма будет равна расчетной ранее теплоте взрыва, то температура взрыва определена правильно, если же полученная сумма не совпадает с теплотой взрыва, то расчет повторяют, задавшись новой температурой взрыва. Такие стадии последовательных приближений повторяют до тех пор, пока сумма изменений внутренней энергии продуктов взрыва не будет равняться теплоте взрыва. Значение температуры, при которой это произойдет, и будет являться температурой взрыва данного ВВ.

Расчетная температура взрыва непереходных ВВ находится в пределах 2800—4200 °С, а переходных, содержащих теплопоглощающие инертные добавки, — в пределах 900—2500 °С.

§ 45. Давление газообразных продуктов взрыва

Когда говорят о давлении взрыва, то необходимо различать давление детонации и давление, создаваемое продуктами взрыва в зарядной камере.

Давление детонации — направленный скачок давления во фронте детонационной волны. Давление детонации не зависит от наличия оболочки.

Давление продуктов взрыва — давление, создаваемое газообразными продуктами взрыва ВВ в частично или полностью замкнутой оболочке. В этом случае давление зависит от объема газообразных продуктов взрыва, от их температуры (а следовательно, теплоты взрыва), от объема зарядной полости, т.е. от плотности заряжения.

При экспериментальном изучении зависимости между плотностью заряжения (Δ) и давлением взрыва в замкнутом объеме установлено, что давление растет с плотностью, но не линейно, а быстрее.

М.А. Кук для оценки давления в скважине приводит следующее выражение

$$p_{\text{св}} = p_a \Delta^n,$$

где p_a — адиабатическое давление взрыва; $n \approx 2,5$.

В свою очередь $p_a \approx p_d/2$, где p_d — давление детонации.

Давление продуктов взрыва является важным показателем эффективности взрывных работ. От его величины ($p_{\text{скв}}$) и продолжительности действия (t), характеризующих взрывной импульс, зависят формы полезной работы взрыва. Местное или бризантное действие взрыва приблизительно пропорционально максимальному давлению взрыва или давлению в детонационной волне p_d . Полный же импульс определяется средним давлением продуктов детонации и временем его действия и определяет раскалывающее и метательное действие расширяющихся продуктов взрыва.

§ 46. Работа взрыва, работоспособность и бризантность взрывчатых веществ и способы их определения

Работа взрыва совершается вследствие энергии, выделяющейся при взрыве.

Полная работа взрыва (сумма всех форм механической работы) не равна потенциальной энергии ВВ. Это объясняется термодинамическими и химическими потерями энергии взрыва.

Термодинамические потери вызваны тем, что продукты взрыва после совершения работы все еще нагреты до сравнительно высокой температуры, т.е. содержат остаточную энергию. Кроме того, значительная доля энергии расходуется на теплообмен с окружающей средой.

Химические потери обусловлены неполнотой взрывчатого превращения ВВ.

Обычно коэффициент преобразования тепловой энергии взрыва в химическую работу не превышает 40—60 %, а на полезные формы работы расходуется и того меньше — не более 15 % энергии взрыва. Лишь при взрыве в воздухе в энергию воздушной ударной волны переходит около 85 % энергии взрыва.

В свою очередь, в полной работе взрыва различают формы общего (или фугасного) и формы местного (бризантного или дробящего) действия взрыва.

Характеристикой фугасного действия взрыва является работоспособность ВВ. В большинстве случаев работоспособность ВВ характеризуют сравнительной эмпирической величиной, определяющей в заданных условиях фактическую работу взрыва. ГОСТ 4546—81 устанавливает следующие методы определения работоспособности ВВ в свинцовой бомбе с помощью баллистической mortar и маятника.

В свинцовой бомбе определяют фугасность порошкообразных, гранулированных, жидких, вязкотекучих и пластичных ВВ с критическим диаметром детонации не более 20 мм. Метод основан на определении расширения канала бомбы продуктами взрыва заряда ВВ определенной массы и размеров.

Навеску порошкообразного или гранулированного ВВ массой $10,00 \pm$

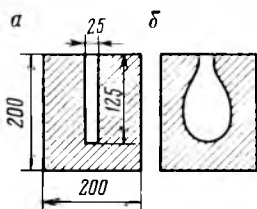


Рис. 35. Схема к определению работоспособности ВВ в свинцовой бомбе

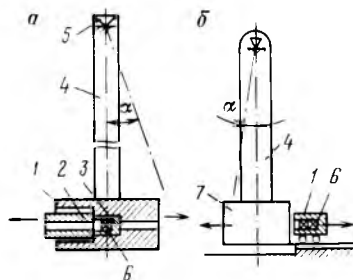


Рис. 36. Схема к определению работоспособности ВВ в мортире (α — угол отклонения маятника при взрыве):

1 — мортира; 2 — снаряд; 3 — вкладыш; 4 — подвеска; 5 — опора; 6 — заряд ВВ; 7 — маятник

$\pm 0,01$ г помещают в бумажную гильзу диаметром $24,0 \pm 0,1$ мм и сверху вставляют картонный пыж. Во взрывчатое вещество вводят электродетонатор и подготовленный таким образом заряд помещают в канал свинцовой бомбы (рис. 35, а). Свободную от заряда часть канала засыпают кварцевым песком. В результате взрыва этого заряда канал бомбы расширяется (рис. 35, б). При проведении испытаний измеряют объем канала бомбы до и после взрыва (наливая воду при помощи мерного цилиндра).

Разность между объемом канала бомбы после взрыва и начальным объемом (в см^3) канала бомбы и будет являться относительной работоспособностью данного ВВ. Так, ТЭН при испытании в свинцовой бомбе дает расширение 480–500, гексоген — 450–470, аммонит 6ЖВ — 360–380 см^3 .

Работоспособность вышеперечисленных ВВ можно определять также с помощью баллистической мортиры.

Баллистическая мортира (рис. 36, а) представляет собой массивный цилиндр массой 350 ± 10 кг, подвешенный на тросах в виде маятника. В корпусе мортиры имеется взрывная камера, в которой подрывается заряд массой 10 г и расширительная камера, в которой помещается массивный поршень-снаряд. При взрыве поршень-снаряд выталкивается из мортиры, а сама мортира отклоняется на некоторый угол, который фиксируется специальным устройством.

Относительная работоспособность $A = \frac{1 - \cos \alpha_{и}}{1 - \cos \alpha_{с}}$, где $\alpha_{и}$ и $\alpha_{с}$ — углы отклонений баллистической мортиры при взрыве заряда испытуемого ВВ и заряда из стандартного ВВ (тротила).

Промышленные ВВ (с критическим диаметром детонации не более 30 мм) испытывают на баллистическом маятнике (рис. 36, б). Эталоном в этом испытании являются: аммонит 6ЖВ — для промышленных ВВ

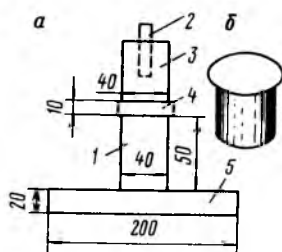


Рис. 37. Схема к определению бризантности ВВ: а — до взрыва; б — после взрыва; 1 — цилиндр свинца; 2 — детонатор; 3 — патрончик ВВ; 4 — стальной диск; 5 — стальная плита

I—III классов и угленит Э-6 — для промышленных ВВ IV—VI классов.

Испытания проводят с зарядами ВВ массой 200 г и диаметром 36—37 мм. Заряд с электродетонатором и центрирующими картонными кольцами помещают в камеру мортиры. Мортиру подкатывают вплотную к маятнику и производят взрыв заряда. После взрыва по шкале измерительной линейки отмечают отклонение маятника. Взрывание и регистрацию отклонений производят отдельно для эталонного и исследуемого ВВ поочередно не менее трех параллельных испытаний.

Относительная работоспособность $I = I_{\text{и}} / I_{\text{с}}$, где $I_{\text{и}}$ и $I_{\text{с}}$ — средние значения отклонений маятника при испытании зарядов исследуемого и стандартного ВВ, мм.

Характеристикой местного (дробящего) действия взрыва является бризантность ВВ, которая определяется плотностью энергии во фронте детонационной волны и поэтому бризантность ВВ пропорциональна квадрату скорости детонации и плотности ВВ.

Наиболее простым и распространенным методом определения бризантности является проба на обжатие свинцовых столбиков, или проба Гесса.

При определении бризантности по этому методу на стальную плиту (рис. 37, а) толщиной не менее 20 мм ставят цилиндр из рафинированного свинца диаметром 40 мм и высотой 60 мм. На цилиндр помещают стальную прокладку толщиной 10 мм и диаметром 41 мм, а сверху ставят заряд ВВ массой 50 г в бумажном патроне диаметром 40 мм при плотности около 1 г/см^3 . В заряде делают отверстие под капсюль-детонатор глубиной 15 мм. Укрепив шпагатом всю сборку на стальной плите в вертикальном положении, производят взрыв. При взрыве свинцовый цилиндр деформируется, приобретая грибообразную форму (рис. 37, б), а высота его уменьшается.

Бризантность оценивается разностью средних высот свинцового столбика до и после взрыва (в мм), измеренных в четырех диаметрально противоположных точках столбика. Для каждого ВВ проводят два параллельных опыта. Расхождение между результатами испытаний на двух цилиндрах должно быть не более 1 мм. Если расхождение более 1 мм, то новое испытание данного ВВ проводят на трех свинцовых столбиках.

§ 47. Детонация промышленных ВВ

Согласно гидродинамической теории детонация ВВ представляет собой перемещение по ВВ зоны химического превращения, ведомой ударной волной. Детонация является стационарным процессом, т.е. распространяется с постоянной скоростью и давлением.

При взрыве детонатора, являющегося источником начального импульса, продукты детонации производят резкий удар по прилегающему к детонатору слою ВВ и формируют ударную волну, имеющую следующие отличительные особенности: скорость ее распространения всегда выше скорости звука в данной среде; на фронте волны происходит скачкообразное изменение давления, плотности и температуры среды (рис. 38, а); среда движется вслед за фронтом ударной волны; ударная волна распространяется в виде однократного скачка уплотнения.

В результате сжатия и разогрева ВВ во фронте ударной волны в нем возбуждается интенсивная химическая реакция с выделением тепла и газов. Ширина зоны химической реакции очень мала (от долей миллиметра до нескольких миллиметров). За зоной химической реакции следует зона расширяющихся продуктов детонации, где происходит их торможение, расширение и охлаждение (рис. 38, б).

Профиль давления в реальной детонационной волне, состоящей из зоны ударного сжатия вещества с максимальным давлением p_m , зоны химической реакции a с давлением в конце зоны $p_{ж}$ и зоны расширяющихся продуктов детонации c , приведен на рис. 38, в. Давление p_m примерно в 2 раза больше давления $p_{ж}$.

Параметры состояния продуктов детонации $p_{ж}$, $u_{ж}$, $T_{ж}$, а также кинетические параметры детонационной волны — скорость детонации D

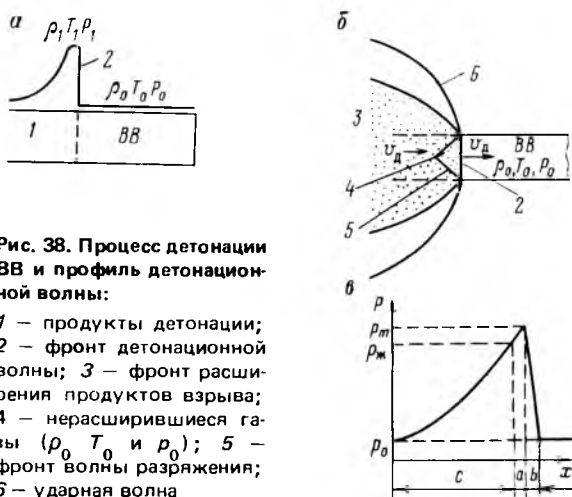


Рис. 38. Процесс детонации ВВ и профиль детонационной волны:

- 1 — продукты детонации;
- 2 — фронт детонационной волны;
- 3 — фронт расширения продуктов взрыва;
- 4 — нерасширившиеся газы (ρ_0, T_0 и p_0);
- 5 — фронт волны разряжения;
- 6 — ударная волна

Таблица 29

Параметры детонации некоторых ВВ

ВВ	Начальная плотность, кг/дм ³	Скорость детонации, км/с	Массовая скорость, км/с	Давление $p_{ж}$, тыс. МПа	Показатель политропы
Гексоген	1,10	6,18	1,76	12	2,52
	1,72	8,46	2,12	30,9	3
Тротил	1,00	5,00	1,32	6,6	2,80
	1,59	6,91	1,61	17,8	3,30
Аммонит 6ЖВ (диаметр заряда 100 мм)	1,00	4,60	1,64	7,7	1,84
Граммонит 79/21 (диаметр заряда 100 мм)	1,00	4,30	1,55	6,8	1,80

и скорость распространения продуктов детонации за ударным фронтом (массовая скорость) u — выводятся из законов сохранения массы, количества движения и энергии в детонационной волне, а также из уравнения состояния для продуктов детонации.

При помощи экспериментальных методов определяют скорость детонации D и массовую скорость u , а по ним рассчитывают показатель политропы, плотность продуктов, давление в детонационной волне, местную скорость звука (табл. 29).

Скорость детонации можно определить несколькими методами. Так, раньше для этой цели широко использовали метод Дотриша, сущность которого заключается в следующем. В патрон 1 испытываемого ВВ вставляют концы отрезка детонирующего шнура 2, изогнутого в виде петли и закрепленного над фанерной пластинкой 3 на расстоянии 2—3 см от ее поверхности (рис. 39). На пластине проводят черту через точку O в таком месте, чтобы расстояние AO было равно сумме расстояний AB (по патрону) и BO .

Патрон испытываемого ВВ взрывают электродетонатором 4, вставленным в торец патрона (см. рис. 39). Детонационная волна, распространяющаяся по испытываемому ВВ, подходит последовательно к концам A и B детонирующего шнура, возбуждая в них детонацию. Детонационные

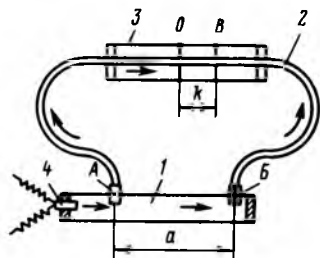


Рис. 39. Схема к определению скорости детонации по методу Дотриша

волны, идущие по шнуру навстречу одна другой, встретятся в точке O , если скорость детонации ВВ равна скорости детонации шнура (так как $AO = AB = BO$). Если же скорость детонации ВВ меньше (что бывает чаще всего), то встреча произойдет в точке B . Место встречи детонационных волн отчетливо видно, так как при детонации шнура на пластинке остаются изогнутые линии царапин и бороздок, а в месте встречи детонационных волн на пластинке образуется более глубокая прямолинейная борозда. После взрыва измеряют расстояние OB . Время прохождения детонационной волны от точки A до точки встречи B равно

$$t = \frac{c + k}{D_{\text{дш}}} = \frac{a}{D} = \frac{b - k}{D_{\text{дш}}},$$

где c — расстояние AO , м; k — расстояние OB , м; $D_{\text{дш}}$ — скорость детонации шнура, м/с; a — расстояние AB , м; D — скорость детонации испытываемого ВВ, м/с; b — расстояние BO , м.

$$\text{Отсюда } \frac{a}{D} = \frac{c - b + 2k}{D_{\text{дш}}} = \frac{a + 2k}{D_{\text{дш}}}, \text{ и, следовательно, } D = \frac{a D_{\text{дш}}}{a + 2k}.$$

Если встреча детонационных волн в шнуре происходит слева от черты, то величина k имеет знак минус.

Для проведения испытаний берут патрон ВВ длиной 300 мм и отрезок детонирующего шнура длиной 1800 мм. Концы шнура вводят в патрон на расстоянии 80 мм от одного торца и 20 мм от другого, чтобы расстояние между точками ввода в патрон a составляло 200 мм.

Точность измерения скорости детонации методом Дотриша зависит главным образом от качества детонирующего шнура; при использовании тарированного шнура погрешности в измерениях бывают не более 5%. Метод Дотриша обычно применяют для определения скорости детонации ВВ в полигонных условиях.

§ 48. Кумулятивное действие взрыва

Выше были рассмотрены формы общего (фугасного) и местного (бризантного) действия взрыва. Они возникают при взрыве практически любого заряда. Однако кроме них существуют специфические формы работы взрыва, которые имеют место при взрыве зарядов особой формы или особого устройства. Например, если на толстой стальной плите взрывать заряды из одного и того же ВВ, но различной формы, можно отметить различный результат их воздействия. Так, при взрыве сплошного цилиндрического заряда, стоящего вертикально, после взрыва на плите наблюдается небольшая вмятина. Если в торцевой части (стоящей на плите) заряда сделать коническое углубление, то глубина вмятины будет примерно в 4 раза больше, чем от сплошного заряда.

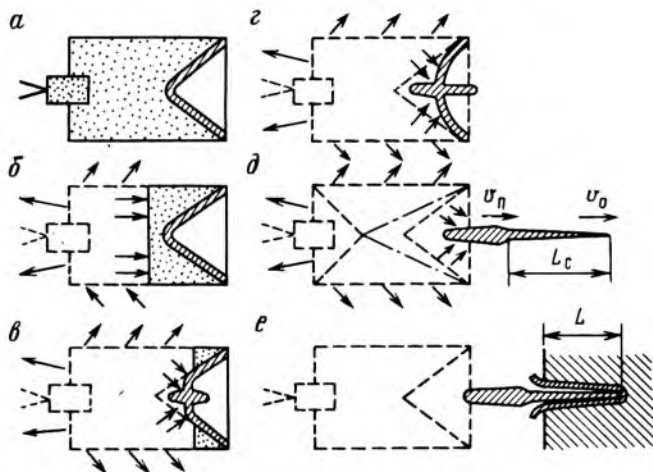


Рис. 40. Фазы образования кумулятивной струи при взрыве заряда с конической облицовкой:

а — заряд до взрыва; *б* — фронт детонационной волны подходит к вершине выемки; *в* — фронт детонационной волны продвинулся до середины глубины выемки, облицовка выемки за фронтом волны детонации деформируется и образовывается кумулятивная струя и пест; *г* — взрывчатое разложение заряда закончено; *д* — образование струи и песта закончилось; *е* — проникновение струи в преграду; v_n — скорость песта; v_0 — скорость струи; L_c — длина струи; L — глубина проникновения струи в преграду

Такое усиление действия взрыва в заданном направлении называют кумулятивным действием, а заряды особой формы, при помощи которых осуществляют это направленное действие взрыва, называют кумулятивными зарядами.

Кумулятивное действие проявляется наиболее сильно, если на внутренней поверхности конической (кумулятивной) выемки поместить тонкий слой металла.

При инициировании таких зарядов со стороны, противоположной выемке, детонационная волна движется в направлении к кумулятивной выемке (рис. 40). Под действием давления детонационной волны металлическая облицовка начинает двигаться к оси заряда, как бы обжимаясь и смыкаясь. От сжатия облицовки часть металла с ее внутренней поверхности течет и выбрасывается вдоль оси заряда в виде тонкой металлической струи высокой плотности, имеющей большую скорость. Максимальная теоретическая скорость струи в пределе равна удвоенной скорости детонации используемого ВВ. Формирование и движение кумулятивной струи можно разбить на две стадии.

Первая характеризуется формированием струи в процессе обжатия облицовки, в струю переходит 6–20 % металла облицовки. В этом переходе пест и струя составляют единое целое, однако их движение совер-

шается с различными скоростями. Скорость песта достигает 1 км/с. Кумулятивная струя имеет значительно большую скорость, неодинаковую в различных ее сечениях: головная часть имеет наибольшую скорость, скорость хвостовой части близка к скорости песта.

Через некоторый промежуток времени после обжатия облицовки кумулятивная струя отрывается от песта (вторая стадия).

Встречая на своем пути преграду, кумулятивная струя проникает в нее, материал преграды растекается в радиальных направлениях, образуя отверстие, которое углубляется.

В настоящее время кумулятивные заряды используют для вторичного дробления негабаритных кусков породы, при дноуглубительных работах под водой и т. п.

Глава IX

ПРОМЫШЛЕННЫЕ ВЗРЫВЧАТЫЕ ВЕЩЕСТВА

§ 49. Классификация промышленных взрывчатых веществ

Промышленные ВВ, предназначенные для ведения взрывных работ в народном хозяйстве, как правило, представляют собой взрывчатые смеси.

По своему структурному состоянию они делятся на порошкообразные, гранулированные, прессованные, литые, пластичные и водосодержащие.

В соответствии с условиями применения различают предохранительные и не предохранительные ВВ.

Предохранительные ВВ — промышленные ВВ, обладающие пониженной способностью к воспламенению взрывоопасных сред. Предохранительные ВВ применяют в шахтах, опасных по взрыву газа или пыли.

Непредохранительные ВВ — промышленные ВВ, применяемые в местах ведения взрывных работ, не опасных по взрыву газа и пыли.

По условиям применения все промышленные ВВ делятся на восемь классов (табл. 30).

Таблица 30

Классификация промышленных взрывчатых веществ (по ОСТ 84-2158—84)

Класс ВВ	Группа ВВ	Вид ВВ и условия применения	Цвет отличительной полосы или оболочек патронов

I	—	Непредохранительные ВВ для взрывания только на земной поверхности	Белый

Класс ВВ	Группа ВВ	Вид ВВ и условия применения	Цвет отличительной полосы или оболочек патронов
II	—	Непредохранительные ВВ для взрывания на земной поверхности и в забоях подземных выработок, в которых либо отсутствует выделение горючих газов или пыли, либо применяется инертизация призабойного пространства, исключающая воспламенение взрывоопасной среды при взрывных работах	Красный
III	—	Предохранительные ВВ для взрывания только по породе в забоях подземных выработок, в которых имеется выделение метана и отсутствует взрывчатая пыль	Синий
IV	—	Предохранительные ВВ для взрывания: по углю и (или) породе, или горючим сланцам в забоях подземных выработок, опасных по взрыву угольной или сланцевой пыли при отсутствии выделения метана; или по углю и (или) породе в забоях подземных выработок, проводимых по угольному пласту, в которых имеется выделение метана, кроме забоев, отнесенных к особо опасным по метану при взрывных работах; для сотрясательного взрывания в забоях подземных выработок	Желтый
V	—	Предохранительные ВВ для взрывания по углю и (или) породе в особо опасных по метану при взрывных работах в забоях подземных выработок, проводимых по угольному пласту, когда исключен контакт боковой поверхности шпурового заряда с метано-воздушной смесью, находящейся либо в пересекающих шпур трещинах массива горных пород, либо в выработке	Желтый
VI	—	Предохранительные ВВ для взрывания: по углю и (или) породе в особо опасных по метану при взрывных работах в забоях подземных выработок, проводимых в условиях, когда возможен контакт боковой поверхности шпурового заряда с метано-воздушной смесью, находящейся либо в пересекающих шпур трещинах горного массива, либо в выработке; или в угольных и смешанных забоях восстающих (с углом более 10°) выработок, в которых выделяется метан, при длине выработок более 20 м и проведение их без предварительного бурения скважин, обеспечивающих проветривание за счет общешахтной депрессии	— " —

Класс ВВ	Группа ВВ	Вид ВВ и условия применения	Цвет отличительной полосы или оболочек патронов
VII	—	Предохранительные ВВ и изделия из предохранительных ВВ VI—VII классов для ведения специальных взрывных работ (для водораспыления и распыления порошкообразных ингибиторов, для взрывного перебивания деревянных стоек при посадке кровли, при ликвидации зависаний горной массы в углеспускных выработках, для дробления негабаритов) в забоях подземных выработок, в которых возможно образование взрывоопасной концентрации метана и угольной пыли	Желтый
Специальный (С)		Непредохранительные и предохранительные ВВ и изделия из них, предназначенные для специальных взрывных работ, кроме забоев подземных выработок, в которых возможно образование взрывоопасной концентрации метана и угольной пыли	—
	1	Взрывные работы на земной поверхности: импульсная обработка металлов; инициирование скважинных сосредоточенных зарядов; контурное взрывание для заоткоски уступов; разрушение мерзлых грунтов; взрывное дробление негабаритных кусков породы; сейсморазведочные работы в скважинах; создание заградительных полос при локализации лесных пожаров и другие специальные работы	Белый
	2	Взрывные работы в забоях подземных выработок, не опасных по газу и пыли; взрывание сульфидных руд; дробление негабаритных кусков породы; контурное взрывание и другие специальные работы	Красный
	3	Прострелочно-взрывные работы в разведочных, нефтяных, газовых скважинах	Черный
	4	Взрывные работы в серных, нефтяных и других шахтах, опасных по взрыву серной пыли, водорода и паров тяжелых углеводородов	Зеленый

§ 50. Общие сведения о взрывчатых веществах для взрывания на карьерах

В настоящее время на карьерах применяют из индивидуальных ВВ только тротил в виде гранул (гранулотол), шашек-детонаторов и кумулятивных зарядов для вторичного дробления. Из смесевых промышленных ВВ наибольшее распространение получили взрывчатые смеси на основе аммиачной селитры (аммония азотнокислого): аммониты, аммоналы, граммониты, гранулиты и различные водосодержащие взрывчатые смеси.

Аммониты — порошкообразные промышленные ВВ, основными компонентами которых являются аммиачная селитра и тротил.

Аммоналы — промышленные ВВ, основными компонентами которых являются аммиачная селитра, нитросоединения (тротил) и дисперсный алюминий. Гранулированные аммоналы называют граммоналами.

Граммониты — промышленные ВВ, представляющие собой смесь гранулированной аммиачной селитры с гранулированным или чешуйчатым тротилом или представляющие собой гранулированный аммонит.

Гранулиты — гранулированные промышленные ВВ, основными компонентами которых являются аммиачная селитра и горючие невзрывчатые материалы.

Водосодержащие ВВ — промышленные взрывчатые вещества, содержащие воду или водные растворы окислителей. Это — сравнительно новый тип промышленных ВВ. Благодаря содержанию в составе воды эти ВВ имеют очень низкую чувствительность к внешним воздействиям и являются наиболее безопасными в обращении. По агрегатному состоянию в момент приготовления водосодержащие ВВ условно делят на суспензионные (смесь жидких и твердых компонентов) и эмульсионные (смесь нерастворяющихся жидких компонентов).

Водосодержащие взрывчатые смеси сенсibiliзируют (т.е. повышают их детонационную способность и чувствительность к инициирующему импульсу) либо ВВ (тротил, пороха), либо дисперсным алюминием, либо невзрывчатыми горючими добавками.

Многие водосодержащие ВВ, а также некоторые гранулиты изготовляют на стационарных установках, расположенных вблизи от мест потребления (карьеров, угольных разрезов и т.п.).

В сухих скважинах применяют неводоустойчивые ВВ; для взрывания обводненных пород, особенно с проточной водой, применяют водоустойчивые ВВ, т.е. такие промышленные ВВ, которые сохраняют способность к полной детонации после выдержки в воде в течение установленного времени. Наиболее водоустойчивыми ВВ являются гранулотол и алюмотол.

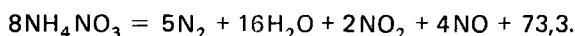
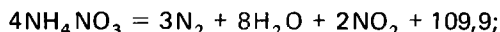
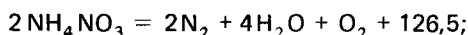
Для отбойки штучного камня, когда требуется отколоть блок от массива с минимальными его повреждениями, применяют дымный порох (черный порох).

§ 51. Основные компоненты взрывчатых веществ для карьеров

Аммиачная селитра NH_4NO_3 является основным компонентом большинства промышленных ВВ. Она представляет собой белый кристаллический порошок с насыпной плотностью $0,86\text{--}0,97\text{ кг/дм}^3$, максимальной плотностью $1,56\text{--}1,74\text{ кг/дм}^3$ (в зависимости от формы и структуры кристаллов). Выпускается аммиачная селитра в виде кристаллов, чешуек и гранул.

Аммиачную селитру раньше применяли в качестве ВВ при массовых взрывах, так как она является слабым взрывчатым веществом.

При температурах выше 400°C аммиачная селитра разлагается со взрывом. При этом возможны следующие реакции:



Как видно из приведенных уравнений реакций, в продуктах взрывчатого превращения аммиачной селитры содержатся кислород и оксиды азота, поэтому аммиачную селитру применяют в составах промышленных ВВ в качестве окислителя.

Сухая, тонкоизмельченная аммиачная селитра при плотности $0,8\text{ кг/дм}^3$ устойчиво детонирует в открытых зарядах диаметром более 100 мм ; гранулированная или чешуйчатая селитра с влажностью около 1% детонирует неустойчиво даже в зарядах диаметром 300 мм .

Добавление к аммиачной селитре горючих веществ, даже в небольших количествах, значительно повышает детонационную способность и энергию взрыва.

Аммиачная селитра легко растворяется в воде (с поглощением тепла), что используют при приготовлении водосодержащих ВВ.

Отрицательными свойствами аммиачной селитры являются гигроскопичность и слеживаемость. У слежавшихся ВВ, изготовленных на основе аммиачной селитры, значительно снижается чувствительность к действию промежуточного детонатора.

Для изготовления водоустойчивых аммонитов применяют водоустойчивую аммиачную селитру марки ЖВ.

Тротил (тринитротолуол) $\text{C}_7\text{H}_5\text{N}_3\text{O}_6$ является одним из самых распространенных ВВ. Чистый тротил представляет собой белое (желтеющее на свету) вещество, имеющее две полиморфные кристаллические формы (моноклиническая и орторомбическая). Температура затвердевания тротила $80\text{--}85^\circ\text{C}$, температура вспышки $290\text{--}310^\circ\text{C}$. В порошкообразном виде тротил имеет насыпную плотность $0,9\text{ кг/дм}^3$ и хорошо прессуется до плотности $1,6\text{ кг/дм}^3$. Литой тротил имеет плотность $1,54\text{--}1,60\text{ кг/дм}^3$, а в расплавленном состоянии $1,457\text{ кг/дм}^3$.

Тротил практически нерастворим в воде, имеет высокую химиче-

скую стойкость. При поджигании тротил загорается и обычно сгорает без взрыва. Переход горения во взрыв наблюдается только при горении в замкнутом объеме или в очень больших количествах.

Тротил используют как составную часть при производстве аммонитов и аммоналов, граммонитов и граммоналов, алюмотола, а также используют в качестве самостоятельного ВВ для взрывных работ (гранулотол) или для изготовления промежуточных детонаторов в виде литых или прессованных шашек.

Гексоген $C_3H_6N_6O_6$ является одним из наиболее мощных ВВ. Он представляет собой белый кристаллический порошок, сильно ядовит. Максимальная плотность гексогена — $1,816 \text{ кг/дм}^3$, насыпная плотность — $0,8-0,9 \text{ кг/дм}^3$. Температура плавления технического продукта около 202°C . Гексоген негигроскопичен, плохо растворим в воде. Характеризуется высокой чувствительностью к механическим воздействиям, поэтому его не применяют в чистом виде, а используют в качестве сенсibilизатора в различных смесевых ВВ (скальных аммонитах и др.), в электродетонаторах, а также для изготовления некоторых марок детонирующих шнуров и промежуточных детонаторов для иницирования ВВ пониженной чувствительности.

Жидкие нитроэфиры (нитроглицерин, нитроглицоль и диэтиленгликольдинитрат) применяют для сенсibilизации порошкообразных патронированных ВВ, как неперехохранительных (детониты), так и переходных (углениты).

Нитроглицерин $C_3H_5N_3O_9$ представляет собой маслянистую жидкость, бесцветную и прозрачную. Плотность нитроглицерина $1,6 \text{ кг/дм}^3$. Характеризуется невысокой химической стойкостью. Очень чувствителен к механическим воздействиям. С целью снижения температуры замерзания нитроглицерин обычно используют в смеси с диэтиленгликольдинитратом или нитроглицолем.

Горючие добавки являются составной частью многих промышленных взрывчатых смесей. Они окисляются кислородом или оксидами азота, образующимися при разложении аммиачной селитры, выделяя при этом дополнительную энергию.

Твердые горючие добавки вводят в состав ВВ в тонкоизмельченном виде (древесная мука, угольный порошок и т.п.).

Из жидких горючих добавок наибольшее распространение получили дизельное топливо и различные минеральные масла.

В качестве горючей добавки часто применяют порошки алюминия различной дисперсности (крупка, порошок, пудра), что позволяет значительно повысить теплоту взрыва промышленных ВВ.

Технологические добавки вводят в состав ВВ для придания ему каких-либо специальных свойств. Так, например, для уменьшения слеживаемости в состав порошкообразных ВВ вводят фуксин или различные поверхностно-активные вещества. Для придания взрывчатой смеси водостойкости в состав вводят гидрофобные добавки (стеарат кальция, парафин и т.п.).

В суспензионные водосодержащие ВВ с целью предотвращения вымывания из состава аммиачной селитры вводят специальные добавки — загустители. В качестве таких загущающих добавок используют полиакриламид, натрийкарбоксиметилцеллюлозу, крахмал, гуаргам. Для придания еще большей водоустойчивости загущенные водосодержащие ВВ структурируют путем введения специальных добавок (хромат и бихромат калия, соли железа и т. п.).

В состав эмульсионных ВВ всегда входит эмульгатор, т. е. такая добавка, благодаря которой и получают стабильные эмульсии.

§ 52. Взрывчатые вещества для открытых работ (класс I)

К гранулированным ВВ заводского изготовления относятся гранулотол и алюмотол. Гранулотол — это гранулированный тротил. Алюмотол представляет собой смесь гранулированного тротила и алюминиевого порошка. Благодаря крупному размеру гранул, гладкой поверхности и относительно высокой плотности они хорошо тонут в воде. Сыпучи в сухом и мокром состоянии, негигроскопичны, нерастворимы в воде и высокостабильны. Заряды из этих ВВ могут долгое время находиться в воде, в том числе и проточной, без потери или снижения взрывчатых характеристик. Пригодны для взрывания под водой на больших глубинах. На открытых горных разработках гранулотол и алюмотол применяются при взрывании обводненных скважин в крепких и весьма крепких породах.

Техническая характеристика гранулотола и алюмотола

ВВ.	Гранулотол	Алюмотол
Кислородный баланс, %.	—74,0	—76,2
Теплота взрыва, кДж/кг	3642	5266
Объем газов, л/кг	1045	815
Средний размер гранул, мм	3—4	3—4
Насыпная плотность, г/см ³	0,9	0,95
Плотность гранул, г/см ³	1,48—1,54	1,52—1,68
Работоспособность, см ³	285—295	420—440
Тропиловый эквивалент по баллистическому маятнику	1,0	1,24
Скорость детонации, км/с:		
в бумажной оболочке	4,0—4,6	4,0—4,2
в стальной трубе диаметром 40 мм	5,0—5,2	4,8—5,0
Минимальная масса промежуточного детонатора (ТНТ), г	5—10	5—10
Критический диаметр, мм:		
в бумажной оболочке	60—80	70—80
в стальной трубе	10—15	10—20

Заряжание гранулотолом и алюмотолом сухих скважин не рекомендуется, так как это снижает экономическую эффективность по сравнению с другими ВВ. При взрыве их в сухих забоях образуется много ядо-

витых газов. Их экономически выгоднее применять в заполненных водой скважинах.

При взрыве гранулолота или алюмотола в обводненных скважинах водная среда действует как "внутренняя" оболочка, повышает давление и эффективность взрыва.

Водонаполнение также приводит к снижению критического диаметра детонации (с 60—80 до 25—30 мм для зарядов гранулолота в бумажной оболочке), увеличению скорости и других параметров детонации, повышению работоспособности (для гранулолота с 285—295 до 310—320 см³).

Гранулотол и алюмотол недостаточно чувствительны к инициирующему импульсу, особенно в водонаполненном состоянии. Для возбуждения их детонации требуется промежуточный детонатор.

Поставляются гранулотол и алюмотол в мешках или мягких контейнерах, в комплекте с шашками-детонаторами.

Из-за сильного отрицательного кислородного баланса гранулолота и алюмотола при взрыве их выделяется большое количество ядовитых газов оксида углерода. Поэтому при массовых взрывах в глубоких карьерах необходимы дополнительные меры по проветриванию забоев. Этот недостаток несколько меньше у гранулированных ВВ — гранитола-1 и гранитола-7А.

Техническая характеристика гранитола-1 и гранитола-7А

ВВ	Гранитол-1	Гранитол-7А
Кислородный баланс, %	—43,4	—52,0
Теплота взрыва, кДж/кг	3770	4598
Объем газов, л/кг	820	800
Насыпная плотность, г/см ³	0,9—0,95	0,9—0,95
Критический диаметр детонации открытого заряда, мм	40—60	40—50

Допустимое время нахождения зарядов гранитолов в воде составляет 6 сут.

Взрывчатые вещества, изготавливаемые на стационарных и передвижных пунктах, расположенных в непосредственной близости к местам потребления ВВ. В последнее время наблюдается тенденция к расширению изготовления ВВ недалеко от места производства взрывных работ на стационарных или передвижных пунктах с последующей доставкой их на горнодобывающие предприятия зарядными или смесительно-зарядными автомашинами.

Наиболее широко на местах потребления изготавливают игданит, состав и свойства которого аналогичны гранулитам С-6М. Игданит применяют для заряжения сухих скважин.

В обводненных скважинах применяют горячельющиеся ВВ, карбатылы, акватолы и акваналы.

Горячельющиеся водосодержащие ВВ изготавливают и применяют на горных предприятиях, располагающих пунктами по приготовле-

нию горячих растворов окислителей и транспортно-зарядными машинами. При изготовлении этих ВВ вся селитра, входящая в их состав, предварительно переводится в высококонцентрированный раствор, что упрощает технологию заряжания.

Для заряжания скважин применяют транспортно-зарядные машины, оснащенные теплоизолированной емкостью для раствора окислителей и бункером для гранулотола.

В настоящее время широко применяют горячельющееся ВВ ГЛТ-20, технические характеристики которого приведены в табл. 31.

Вся селитра, входящая в состав горячельющихся ВВ, растворяется в малом количестве воды при температуре 90—95 °С. При этом раствор приобретает концентрацию 88—90 % и плотность 1,38—1,40 г/см³. Чтобы исключить отслаивание более плотного гранулотола в заряде скважины до момента кристаллизации и затвердения раствора, последний загущают во время приготовления с помощью добавок-загустителей, а для придания большей водоустойчивости заряду в него при заряжании вводят структурирующую добавку. Температура раствора до момента смешивания с гранулотолом должна поддерживаться (зимой с помощью подогрева) не ниже 90 °С во избежание преждевременной кристаллизации. При смешивании горячего раствора с холодным гранулотолом температура смеси снижается до 80 °С, раствор кристаллизуется и заряд в скважине полностью затвердевает. Затвердевание начинается от стенок скважины: образовавшаяся корка предотвращает утечку жидкой фазы в трещины и скрепляет заряд со стенками скважины. Быстрая кристаллизация препятствует осаждению гранулотола в нижний слой заряда. Для заряжания обводненных скважин рекомендуется закачивать смесь под столб воды. Отвердевшие заряды инициируют при помощи шашек-детонаторов.

К достоинствам горячельющихся ВВ следует отнести высокую (1,5 г/см³) плотность заряжания, высокую эффективность взрыва, малое содержание в них воды и малое число компонентов в составе; к недостаткам — трудность работы с высококонцентрированным раствором селитры в холодное время года из-за преждевременной кристаллизации и забивки оборудования. Кроме того, ГЛТ-20 нельзя использовать в сульфидных рудах.

Карбато́лы — горячельющиеся ВВ, отвердевающие после загрузки в скважину. Их изготавливают на низкоплавкой почти безводной эвтектической смеси растворимых компонентов, которая по своей плотности мало отличается от плотности гранул тротила, что делает суспензию нерасслаивающейся до затвердения без введения в нее загустителя. Загуститель вводится в состав карбатов лишь для обеспечения высокой водоустойчивости. Структурообразующую добавку вводят в состав в момент заряжания в виде раствора.

Преимуществами карбатов по сравнению с ГЛТ-20 являются высокая плотность заряжания (1,6 г/см³); более широкий температурный

Техническая характеристика взрывчатых веществ, изготавливаемых на стационарных и передвижных пунктах

Показатели	ГЛТ-20	Карбатоны		Акватоны			Акваналы	
		Т-15	ГЛ-10В	Ифзанит Т-20	Ифзанит Т-60	Ифзанит Т-80	Ипконит А-10	ГЛА-20
Кислородный баланс, %	-3,8	-9,6	-21,4	-4,6	-0,4	0	0,2-2,3	-4,1
Теплота взрыва, кДж/кг	3678	3427	5684	3176	3782	3941	4520-4860	4012
Объем газов взрыва, л/кг	905	946	844	937	920	913	852-870	895
Плотность ВВ, г/см ³	1,45-1,50	1,4-1,6	1,55-1,60	1,25-1,3	1,4-1,45	1,45-1,5	1,4-1,45	1,5-1,58
Критический диаметр открытого заряда, мм	80-100	120-150	150-160	120-150	100-120	90-100	225-230	3,8-4,6
Скорость детонации, км/с	4,9-5,0	4,5-4,8	4,5-5,0	4,0-4,5	5,0-5,5	5,2-5,5	80-100	4,8-5,0
Минимальный инициирующий импульс, г	-	40-50	40-50	40-60	30-50	30-50	-	-

интервал, в котором состав сохраняет текучесть; возможность применения их для взрывных работ по сульфидным рудам.

К изготовлению на стационарных установках и механизированному заряданию на карьерах сухих и обводненных скважин допущены карбато-л Т-15, в котором в качестве сенсibilизатора содержится небольшое количество тротила и металлизированный карбатол ГЛ-10В, включающий наряду с тротилом некоторое количество алюминиевого порошка. Карбатол ГЛ-10В предназначен для взрывания весьма крепких пород (см. табл. 31).

Затвердевшие заряды карбатов могут находиться в скважине с непроточной водой 20—30 сут. В мерзлых породах карбатами можно заряжать скважины сразу после их бурения. Обводненные скважины заряжают закачиванием взрывчатой смеси под столб воды.

Промышленные испытания, проведенные в крепких породах, показали, что карбатол ГЛ-10В на 20—25 % эффективнее и на 30—35 % экономичнее гранулола и алюмотола.

Карбаты нечувствительны к действию электродетонатора № 8, их заряды инициируют при помощи шашки-детонатора ТП-400.

Акватол Т-20 (ифзанит) представляет собой плотную нерасслаивающую суспензию, твердой фазой у которой является смесь гранулированной аммиачной селитры с гранулированным или чешуйчатым тротилом, а жидкой — насыщенный раствор аммиачной селитры, полностью заполняющий пространство между гранулами в заряде ВВ.

Ифзаниты изготовляют путем смешивания горячего раствора аммиачной селитры с сухими компонентами в передвижных смесительно-зарядных агрегатах. Раствор изготавливается на специальной установке, смешивание с гранулолом выполняется в зарядной машине, из которой по шлангу взрывчатую смесь подают под столб воды.

К постоянному применению на открытых горных работах допущены ифзаниты Т-20, Т-60 и Т-80, различающиеся по содержанию воды в жидкой фазе. Буквенный индекс в условном обозначении ифзанита указывает на присутствие в нем тротила в качестве сенсibilизатора, а соответствующая цифра — на температуру насыщенного раствора селитры (см. табл. 31).

Ифзаниты предназначены для взрывания в сухих и обводненных скважинах диаметром 100 мм и более. Они способны полностью заполнять зарядную полость и обеспечивать высокие концентрации энергии взрыва в заряде. Ифзаниты имеют хорошую детонационную способность, чувствительны к взрыву шашек-детонаторов.

В трудно взрывае-мых породах рекомендуется применять более мощные ифзаниты Т-60 и Т-80, изготавливаемые на высококонцентрированных горячих растворах аммиачной селитры.

Акваналы — представляют собой, как следует из названия, водосодержащие взрывчатые смеси, сенсibilизированные дисперсным алюминием. К ним относятся ипконит А-10 и горячелюющее ВВ ГЛА-20 (см. табл. 31).

Таблица 32

Характеристика промежуточных детонаторов, предназначенных для инициирования скважинных и сосредоточенных зарядов на открытых горных работах

Шашка	ВВ	Масса, г	Плотность, г/см ³	Скорость детонации, км/с	Форма и конструкция	Диаметр (ширина), длина, высота, мм	Диаметр канала (гнезда), мм
Прессованная ТП-200	Тротил	200	1,5—1,55	6,5—6,8	Прямоугольник с гнездом глубиной 38—65 мм под ЭД или 34—38 мм под КД	52×101×27	7,5—8,2
Прессованная ТП-400	— " —	400	1,5—1,55	6,5—6,8	То же	52×101×52	7,5—8,2
Прессованная ТП-400Г	— " —	400	1,52—1,59	6,8—7,0	Цилиндр с осевым каналом под четыре нити ДШ	70×71	14,5
Литая ТГ-500	Сплав тротила с гексогеном	500	1,58—1,64	7,2—7,8	То же	70×86	14,5

Промежуточные детонаторы для инициирования малочувствительных взрывчатых веществ. Для надежной детонации зарядов ВВ, недостаточно чувствительных к ЭД № 8 или детонирующему шнуру, в качестве промежуточных детонаторов применяют несколько типов шашек-детонаторов (табл. 32).

Шашки ТП-200 и ТП-400 предназначены главным образом для сейсморазведочных работ, но могут быть использованы и в качестве промежуточных детонаторов, имеют углубления 38—65 мм для размещения детонатора.

Прессованная шашка ТП-400Г и литая ТГ-500 имеют сквозной осевой канал, предназначенный для плотного размещения в нем пучка из четырех нитей ДШ.

Для инициирования большинства промышленных ВВ достаточно одной шашки-детонатора на заряд любой массы.

Тротиловые шашки ТП-400Г рекомендуются для инициирования сухих и влажных скважинных зарядов игданита, гранулитов, граммонитов и других гранулированных ВВ. Шашки ТГ-500, имеющие более высокую инициирующую способность, предназначены для иницииро-

вания обводненных зарядов гранулошлака, алюмотола, гранитолов и водосодержащих ВВ.

Кумулятивные наружные заряды для вторичного взрывания негабарита. Для вторичного взрывания негабаритных кусков породы или руды наружными зарядами кроме порошкообразных и пластичных ВВ используют специальные высокоплотные заряды с кумулятивной выемкой (ЗКН и ЗКП). Заряды выпускаются различной массы, а также имеют различия в технологии изготовления и конструкции узла детонации. Технические характеристики кумулятивных зарядов приведены в табл. 33.

Заряды ЗКП массой до 475 г изготавливают прессованными. В них 10–12 г ВВ узла детонации заключено в оболочку с алюминиевой скобой для крепления нити ДШ. Заряды массой 1000 г и более изготавливают литыми. Поэтому в их узле детонации использован более мощный инициирующий состав с промежуточным детонатором ДП-1, имеющим выемку под ДШ. Эти заряды имеют стальную облицовку кумулятивной выемки толщиной 0,8–1 мм, что усиливает их пробивное и раскалывающее действие.

Таблица 33

Характеристики кумулятивных накладных зарядов, применяемых для дробления негабаритов на подземных горных работах

Типоразмер кумулятивного заряда	Физическое состояние тротило-вой шашки	ВВ узла детонации	Общая масса ВВ, г	Основные размеры, мм		Наличие стальной облицовки в кумулятивной выемке	Предельная толщина дробимого куска, м
				диаметр	высота		
ЗКН-КЗ-180	Литая	Гексоген	180	90	35	Нет	0,55
ЗКН-КЗ-260	— " —	— " —	260	100	40	— " —	0,75
ЗКН-КЗ-500	— " —	— " —	500	130	50	— " —	1,00
ЗКН-КЗ-1000	— " —	— " —	1000	150	75	— " —	1,20
ЗКН-КЗ-2000	— " —	— " —	2000	190	90	— " —	1,60
ЗКН-КЗ-4000	— " —	— " —	4000	230	115	— " —	2,00
ЗКП-25	Прессованная	— " —	48	48	24	Есть	0,13
ЗКП-50	— " —	— " —	76	58	29	— " —	0,25
ЗКП-100	— " —	— " —	135	90	36	— " —	0,50
ЗКП-200	— " —	— " —	245	100	41	— " —	0,80
ЗКП-400	— " —	— " —	475	125	57	— " —	1,0
ЗКП-1000	Литая	Гексоген, тротил прессованный	1229	172	72	— " —	1,4
ЗКП-2000	— " —	То же	2179	200	82	— " —	2,2
ЗКП-4000	— " —	— " —	4000	251	105	— " —	2,8

Заряды ЗКН отличаются упрощенным узлом детонации, в крышке которого имеется фигурный прилив для заземления нити детонирующего шнура или электродетонатора в горизонтальном положении. Эти заряды выпускаются без облицовки кумулятивной выемки.

Применение кумулятивных зарядов вместо накладных зарядов из порошкообразного аммонита позволяет сократить удельный расход ВВ, повысить безопасность вторичного взрывания, уменьшить пыление и зону разлета кусков породы.

§ 53. Взрывчатые вещества для открытых и подземных работ в шахтах, не опасных по газу и пыли (класс II)

Гранулированные неводоустойчивые взрывчатые вещества. В сухих скажинах на карьерах могут применяться следующие ВВ заводского изготовления: граммонит 79/21, гранулиты АС-4, АС-8 и С-6М. Технические характеристики этих ВВ приведены в табл. 34.

Граммонит 79/21 представляет собой сыпучую смесь гранулированной аммиачной селитры с чешуирующим тротилом, взятых в стехио-

Таблица 34

Характеристики гранулированных взрывчатых веществ, применяемых на открытых и подземных горных работах

Показатели	Граммонит 79/21	Гранулиты		
		АС-4	АС-8	С-6М
Кислородный баланс, %	+0,02	+0,41	+0,34	-1,3
Теплота взрыва, кДж/кг	4285	4522	5191	3852
Объем газов, л/кг	895	907	847	980
Насыпная плотность, г/см ³	0,8-0,85	0,85-0,9	0,87-0,95	1,0-1,05
Критический диаметр открытого заряда, мм	40-60	60-100	70-100	80-100
Скорость детонации	3,2-4,0	2,6-3,5	3,0-3,6	2,5-3,0

Продолжение табл. 34

Показатели	Гранулиты		Игданит, гранулит М	Акванал АРЗ-8Н
	АС-4В	АС-8В		
Кислородный баланс, %	+0,35	-3,3	+0,14	-2,7
Теплота взрыва, кДж/кг	4522	5233	3852	5018
Объем газов, л/кг	907	850	980	860
Насыпная плотность, г/см ³	0,8-0,85	0,8-0,85	0,78-0,82	0,9-0,92
Критический диаметр открытого заряда, м	70-100	70-100	80-110	80-90
Скорость детонации	3,0-3,5	3,0-3,6	2,5-3,6	2,5-3,5

метрическом соотношении. При пневмозаряжении пылит и при больших скоростях потока наблюдается тенденция к расслаиванию вследствие измельчения чешуек тротила в потоке. Поэтому при пневмозаряжении скважин в граммонит 79/21 рекомендуется вводить до 5 % воды. Увлажнение граммонита исключает возможность накопления зарядов статического электричества и повышает плотность заряжения.

Граммонит 79/21 недостаточно чувствителен к действию электродетонатора № 8 или детонирующего шнура, поэтому для инициирования скважинных зарядов необходимо применять промежуточные детонаторы.

Гранулиты АС-4 и АС-8 представляют собой однородные по внешнему виду гранулированные ВВ серебристо-серого цвета. Содержат в своем составе алюминиевую пудру.

Гранулит С-6М представляет собой смесь аммиачной селитры с дизельным топливом. Такие же энергетические и взрывчатые характеристики, как у гранулита С-6М, имеют игданит и гранулит М.

Гранулит М представляет собой двухкомпонентную смесь пористой гранулированной аммиачной селитры и минерального масла. Хорошая поглощающая способность пористых гранул селитры обеспечивает стабильность гранулита в течение гарантийного срока.

Игданит — простейшее, сравнительно безопасное ВВ, разрешенное к изготовлению потребителям. Он представляет собой сбалансированную по кислороду взрывчатую смесь крупнозернистой (гранулированной или чешуйчатой) селитры с дизельным топливом.

В гранулированном состоянии хорошо сыпуч, транспортабелен по пневмомагистральям, не пылит и мало электризуется, хорошо уплотняется до оптимальной плотности при пневмозаряжении и его заряды вследствие этого хорошо удерживаются в восстающих скважинах крупного диаметра, без специального его увлажнения. Отличается от ВВ заводского производства простотой изготовления и низкой стоимостью.

Хорошо изготовленный игданит устойчиво детонирует от промежуточного детонатора в скважинах и шпурах. С увлажнением зарядов мощность промежуточного детонатора должна быть увеличена. В качестве промежуточного детонатора рекомендуется: для шпуровых зарядов — патроны аммонита массой не менее 100 г (при длине заряда выше 3 м — не менее 200 г); для скважинных зарядов — одна шашка массой 400 г или патрон аммонита большего диаметра (связка стандартных патронов) массой не менее 500 г. Детонирующий шнур марки ДША может находиться в игданите не более 48 ч, а шнур ДШВ — не более 96 ч, причем концы ДШ должны быть защищены от проникновения дизельного топлива в сердцевину.

Игданит, как ВВ средней мощности, предназначен для взрывания пород слабых и средней крепости. При достижении плотности заряжения шпуров и скважин $1,1\text{--}1,25\text{ г/см}^3$ он эффективен для взрывания в сухих забоях пород более высокой крепости. В мягких грунтах и сла-

рых породах диаметр зарядов игданита должен быть не менее 100 мм, в твердых породах — не менее 30 мм.

Игданит допущен к постоянному применению на открытых горных работах и в шахтах, не опасных по газу или пыли. Масштабы его применения как экономичного ВВ непрерывно возрастают.

Помимо гранулитов АС-4 и АС-8 в подземных условиях применяют их разновидности гранулиты АС-4В и АС-8В.

Гранулиты АС-4В и АС-8В — однородные по внешнему виду сыпучие малопылящие ВВ серебристо-серого цвета. В этих ВВ гранулы селитры покрыты пленкой гидрофобного воскового состава и алюминиевой пудрой, частицы которой хорошо закреплены ею. Это позволяет применять эти гранулиты в обводненных скважинах.

Эти ВВ при хранении в нормальных условиях физически стабильны, не слеживаются и не изменяют своих взрывчатых характеристик при отсутствии увлажнения, не расслаиваются при транспортировании и заряджании. Могут находиться 2—4 ч в обводненных непроточной водой горизонтальных и наклонных вниз шпурах (скважинах).

Гранулиты АС-4В и АС-8В недостаточно чувствительны к обычным средствам инициирования, особенно в открытых зарядах и зарядах малого диаметра. Поэтому для надежного возбуждения детонации шпуровых зарядов гранулитов необходимо применять промежуточный детонатор из стандартного патрона любого водоустойчивого патронированного ВВ.

Гранулиты АС-4В и АС-8В допущены к постоянному применению на открытых и подземных работах с ручным и механизированным (пневматическим) заряджанием. Поставляется в бумажных мешках.

Акванал АРЗ-8Н предназначен для пневматического заряджания сухих (или осушенных) шпуров и скважин в подземных условиях. По своей взрывной эффективности он практически не отличается от гранулита АС-8; при пневмозаряджании не пылит и не электризуется, поскольку содержит в своем составе и на поверхности гранул до 4 % воды и, кроме того, дополнительно орошается при заряджании примерно таким же количеством воды. Применяется для заряджания восстающих скважин.

Для сульфидных рудников (где встречаются воды с примесью серной кислоты, способствующие химическому разложению аммиачной селитры при взаимодействии с сульфидами) выпускается гранулит АС-М (аналог гранулита АС-8, содержащий в своем составе нейтрализующие добавки).

Для обводненных условий применяют водоустойчивые патронированные ВВ: аммонит скальный № 1, аммонал скальный № 3, детонит М, аммонал М-10, аммонит 6ЖВ, динафталит.

Аммонит скальный № 1 представляет собой порошок серо-стального цвета с насыпной плотностью 0,85—0,9 г/см³. В порошкообразном виде он поставляется потребителям в виде патронов диаметром 45, 60 и 90 мм.

Благодаря способности скального аммонита устойчиво детонировать при высокой начальной плотности его также выпускают в прессованном виде в патронах диаметром 36 и 45 мм. Применение прессованного скального аммонита позволяет повысить плотность заряжения шпуров до $1,15 \text{ г/см}^3$ и концентрацию энергии взрыва в единице объема поднять на 45–50 %, что обеспечивает высокую экономическую эффективность взрывания горных пород.

Аммонит скальный № 1 в прессованном виде способен выдерживать многосуточное замачивание в стоячей воде и многочасовое — в проточной. Отличается повышенной чувствительностью к механическим и тепловым воздействиям. Допущен к постоянному применению в шахтах и рудниках, не опасных по газу и пыли, с ручным заряжением патронов.

Аммонал скальный № 3 в удлиненных зарядах детонирует надежнее, чем аммонит скальный № 1. Применение этого ВВ в непатронированном виде и с механизированным заряжением патронами не допускается, патроны заряжают только вручную. Условия применения те же, что и для аммонита скального № 1.

Аммонал М-10 — порошкообразное ВВ, содержащее в своем составе алюминиевый порошок. Выпускается в виде патронов диаметром 32 мм.

Детонит М — порошкообразное ВВ, сенсibilизированное жидкими нитроэфирами. Выпускается в патронах диаметром 28, 32 и 36 мм.

На открытых горных разработках и в подземных условиях широкое применение находят ВВ средней мощности аммонит 6ЖВ и динафталит.

Аммонит 6ЖВ — порошкообразное ВВ, получившее наибольшее распространение.

Непатронированный аммонит применяют на открытых горных работах, в тех условиях, в которых гранулированные ВВ плохо детонируют. Поставляют его в мешках. При хранении в мешках аммонит 6ЖВ слеживается под воздействием сдавливающих нагрузок верхних рядов мешков в штабеле.

В патронированном виде применяется как на открытых, так и на подземных работах. Выпускается в патронах диаметром 32 мм (массой 200 и 250 г), а также в патронах большого диаметра 60 и 90 мм.

Допущен к постоянному применению на открытых и подземных горных работах в патронированном и непатронированном виде. Разрешен к заряжению только ручным способом.

Динафталит-200 представляет собой наполовину зерненный малопыляющий сыпучий порошок желто-песочного цвета. Вследствие гидрофобизации и зернения ВВ не слеживается. Его используют на проходческих и очистных работах в подземных рудниках в породах средней крепости. Малочувствителен к механическим воздействиям. Допущен к постоянному применению на открытых и подземных горных работах с ручным заряжением шпуров патронами. Выпускается в патронах диаметром 32 мм. Динафталит-200 применяется в ограниченных количествах. Технические характеристики аммонита 6ЖВ и динафталита-200 приведены в табл. 35.

Таблица 35

Характеристики аммонитов

Показатели	Аммонит скальный № 1	Аммонал скальный № 3	Аммонал М-10	Детонит М	Аммонит 6ЖВ	Динафталит-200
Кислородный баланс, %	-0,79	-0,78	-4,82	+0,18	-0,53	+0,3
Теплота взрыва, кДж/кг	5400	5684	5645	5786	4305	4082
Объем газов взрыва, л/кг	830	810		832	895	920
Плотность ВВ в патронах, г/см ³	1,43—1,58	1,0—1,1	0,95—1,2	0,92—1,2	1,0—1,2	1,0—1,15
Работоспособность, см ³	450—480	450—470	430	450—500	360—380	320—350
Критический диаметр, мм	5—7	8—10		8—10	10—13	13—14
Скорость детонации, км/с	6,0—6,5	4,2—4,6		4,9—5,3	3,6—4,8	3,5—4,6
Расстояние передачи детонации между патронами, см:						
сухими	5—12	8—14	4	8—18	5—9	3—7
после выдержки в воде	5—8	5—10	3	5—15	3—6	2—5
Чувствительность к удару, %	40—60	40—44		40—60	16—32	12—24

§ 54. Подготовка и испытание взрывчатых веществ

Подготовка ВВ к применению заключается в сушке, измельчении, просеивании, патронировании, а также оттаивании ВВ, содержащих нитроэферы.

Аммониты влажностью более 1,5 % применять на открытых работах запрещено. При влажности 0,5—1,5 % патроны аммонитов следует просушивать в заводской оболочке. При влажности свыше 1,5 % аммониты просушивают россыпью. Температура воздуха в помещениях для сушки должна быть не выше 50 °С.

Сушка может выполняться летом под навесом только в дневное время. В дождливое время и зимой сушка ВВ производится в специальном здании подготовки ВМ. Единовременная суммарная загрузка здания ВМ (включая хранение) не должна превышать 3 т ВВ.

Если здание или открытая площадка для подготовки ВВ расположены вне территории склада, то они должны быть обнесены оградой высотой не менее 1,5 м, располагаемой на расстоянии не менее чем 5 м от здания или площадки, и расстояние до ближайших зданий и дорог должно быть не менее 100 м.

Здание подготовки ВВ или открытая площадка подлежат охране как во время производства работ, так и во внерабочее время при наличии в них ВВ, а при нахождении там взрывников охрана не обязательна.

При сушке ВВ в помещении столы и полки, на которых раскладываются ВВ, должны отстоять от греющих поверхностей (печей, труб, радиаторов) не менее чем на 1 м. Между столами, а также столами и стенами здания должны быть проходы шириной не менее 0,7 м. Столы, на которых проводятся операции с ВВ, должны быть снабжены по краям бортиками.

В процессе работы в помещениях и на открытых площадках периодически убирается просыпанное ВВ. По окончании работы каждое помещение и открытая площадка должны быть тщательно очищены от остатков ВВ и пыли; стены, столы и оборудование должны быть протерты влажной тряпкой. Собранные после сушки остатки ВВ, а также оставшиеся после распатрирования бумажные гильзы складывают в специальный ящик и уничтожают не реже одного раза в сутки.

Для сушки аммонитов разрешается использование воздушных сушилок (шкафы, камеры) с температурой теплоносителя (воздуха) не выше 60 °С. Калорифер с воздухоподогревом для сушильного аппарата должен быть вынесен в отдельную пристройку или в изолированное помещение.

В здании подготовки ВВ обычно производят также измельчение слежавшихся ВВ и патронирование. Иногда измельчение производят в процессе сушки. В этом случае аммонит рассыпают на брезенте и измельчают ручными деревянными катками.

ВВ, содержащие в своем составе гексоген или нитроэфир (нитроглицерин и др.), измельчать категорически запрещается.

Кроме ручного измельчения можно применять измельчающие аппараты типа барабанов, вальцов и другие, но только изготовленные из материалов, исключающих искрообразование, и при обязательном соблюдении условий, изложенных в Единых правилах безопасности при взрывных работах.

Патронирование выполняется специально проинструктированными рабочими в помещении, состоящем из двух отделений, в одном из которых выполняется патронирование, а в другом находится ВВ, подлежащее патронированию. В патронировочной должны быть стол, полки для патронов, весы и совки. Процесс патронирования заключается в изготовлении гильз (бумажных, картонных, металлических, пластмассовых, матерчатых) или пакетов и заполнении их ВВ. Помещение для патронирования необходимо постоянно проветривать, к концу рабочего дня в нем не должно оставаться ВВ.

Гидроизоляция ВВ выполняется при отсутствии водоустойчивых ВВ для ведения взрывных работ в сырых и обводненных забоях. При этом ВВ помещают в оболочки, покрываемые затем гидроизолирующими составами.

ВВ должны подвергаться испытаниям по определению пригодности

их для хранения и применения при взрывных работах как при поступлении на склад, так и периодически при хранении. Испытания ВВ выполняют взрывники или лаборанты под руководством заведующего складом ВВ.

Тип ВВ

Характер и виды испытаний

Нитроэфирсодержащие

Наружный осмотр тары и отобранных патронов; определение наличия эксудата; испытание на способность к передаче детонации на расстояние

Аммониты, аммоналы

Наружный осмотр тары и отобранных патронов; испытание на способность к передаче детонации на расстояние; определение содержания влаги

Пороха дымные

Наружный осмотр тары и порохов; проверка наличия пыли и прочности порохового зерна

Для проверки качества выпускаемых ВВ, их соответствия ГОСТу или техническим условиям и пригодности к применению производится наружный осмотр тары и отобранных патронов ВВ, определение способности к передаче детонации от патрона к патрону, а также влажности ВВ.

Периодические испытания ВВ проводят в следующие сроки:

ВВ, содержащие жидкие нитроэфиры, а также все предохранительные ВВ — в конце гарантийного срока и каждый месяц после его истечения;

Другие ВВ — в конце гарантийного срока и не реже чем через три месяца после его истечения;

все ВВ — вне зависимости от срока их хранения, если возникает сомнение в их доброкачественности при внешнем осмотре или по неудовлетворительным результатам при взрывных работах (неполные взрывы, отказы).

Испытания ВВ, связанные с их взрыванием, проводят на специально отведенной площадке, которая должна находиться на расстоянии не менее 200 м от хранилищ склада. Люди, занятые испытанием ВВ, на время взрывания должны удаляться на расстояние не менее 50 м от места взрывания.

Наружный осмотр тары является общим испытанием для всех ВВ. Наружному осмотру подвергают все ящики с ВВ для установления наличия повреждения тары и четких трафаретов, целости обвязки и пломбировки. Ящики с дефектами отсортировываются в отдельную партию с составлением об этом акта. В поврежденных ящиках проверяют целостность внутренней упаковки. При наличии дефектов в упаковке внутри ящиков проверяют соответствие фактической массы или количества содержимого в ящике указанному в маркировке или других документах. При несоответствии массы или количества составляют рекламационный акт, который направляют заводу-изготовителю и районной ин-

спекции Госгортехнадзора для принятия мер к устранению обнаруженных недостатков при дальнейшем выпуске и поставке ВВ.

Наружный осмотр патронов. Из разных ящиков поступившей на склад партии ВВ отбирают пять пачек, которые распаковывают и все патроны подвергают наружному осмотру. На каждом патроне должен стоять четкий штамп с указанием наименования ВВ, массы патрона, месяца и года изготовления, номера партии и индекса завода-изготовителя. На патронах не должно быть следов подмочки, а также внешних признаков увлажнения ВВ. Не допускается высыпание ВВ с торцов патронов, затекание влагоизолирующего состава внутрь патрона ВВ, образование на торцах патрона пробок из влагоизолирующего вещества, а также углубление торцов патронов более чем на 7 мм. Патроны не должны иметь признаков слеживания и спекания. При разрезании бумажной оболочки ВВ должно рассыпаться при легком нажатии рукой.

При разворачивании бумажной оболочки патрона нитроэфирсодержащего ВВ не должно быть следов жидкости на внутренней стороне бумажной оболочки. Допускается только наличие блестящей полоски на стыке внутреннего края бумажной оболочки патрона с налегающим на него следующим слоем бумаги. Ширина этой полоски должна быть не более 6 мм. Наличие более широкой полоски, а также капель жидкости или расплывшихся больших пятен указывает на эксудацию жидких нитроэфиров из состава ВВ. Эксудирующие ВВ подлежат немедленному уничтожению.

Испытание ВВ на передачу детонации проводят с двумя патронами испытуемого ВВ, уложенными соосно на плотный грунт на некотором расстоянии один от другого. В один из патронов (активный) вставляют электродетонатор и производят подрыв. После взрыва устанавливают, произошел взрыв или отказ второго (пассивного) патрона.

О передаче детонации судят по наличию углубления в грунте на месте расположения пассивного патрона и по отсутствию остатков невзорвавшегося ВВ.

ВВ считается выдержавшим испытание, если в трех параллельных опытах детонация передается от активного патрона к пассивному.

При наличии хотя бы одного отказавшего патрона при расстоянии между патронами, равном установленному ГОСТом или ТУ, выполняют повторное испытание с удвоенным числом опытов. Если при повторном испытании не происходит полной передачи детонации хотя бы в одном из шести опытов, то ВВ бракуется и не допускается для производства взрывных работ. Испытание на передачу детонации водоустойчивых ВВ проводят после выдержки патронов в воде на глубине 1 м от нижнего торца в вертикальном положении в течение 1 ч.

Патроны ВВ в специальных футлярах с отверстиями помещают в воду. После выдержки в течение 1 ч патроны извлекают из воды и укладывают попарно на грунт так, чтобы нижний (при том расположении патронов, как они замачивались) конец одного патрона был обращен

к верхнему концу другого. Далее испытание проводят по обычной методике.

Помимо двухпатронного метода испытаний существует предложенный МакНИИ трехпатронный метод определения чувствительности ВВ к передаче детонации.

Для проведения испытаний по этому методу три патрона ВВ укладывают на одинаковом расстоянии один от другого на ровной поверхности грунта (песка) так, чтобы ось каждого следующего патрона являлась продолжением оси предыдущего. В один из крайних патронов (боевик) вставляют капсуль-детонатор с огнепроводным шнуром или электродетонатор, причем последний должен быть помещен в патрон на всю длину с внешней стороны. Проводят два параллельных опыта.

Слежавшиеся патроны ВВ при испытаниях не разминают, кроме торца, в который вставляют детонатор. Испытанию на передачу детонации подвергают только патронированные и прессованные ВВ.

Содержание влаги определяется по разности в массе ВВ до и после просушивания навески испытываемого ВВ. Из пяти патронов, взятых из пяти пачек, после тщательного перемешивания ВВ берут две навески ВВ массой по 10 г, помещают их в бюксах в электрический сушильный шкаф и высушивают в течение 4–6 ч при температуре 60–70 °С до постоянной массы навески. При высушивании навесок бюксы должны быть открыты, а во время взвешивания — плотно закрыты притертыми крышками. Перед каждым взвешиванием бюксы с навесками ВВ с закрытыми крышками охлаждают до комнатной температуры в эксикаторе с хлористым кальцием.

Содержание влаги определяется по формуле

$$B = \frac{m_1 - m_2}{m_3} 100,$$

где m_1 — масса бюкса с навеской ВВ до сушки, г; m_2 — масса бюкса с навеской ВВ после сушки, г; m_3 — масса навески ВВ (без массы бюкса) до сушки, г.

Производят два параллельных определения и вычисляют среднюю величину, результат округляют до 0,01 %.

Влажность ВВ должна соответствовать требованиям ГОСТа или ТУ на данное ВВ.

Глава X

СРЕДСТВА ИНИЦИИРОВАНИЯ

§ 55. Классификация средств инициирования

Начальный импульс, необходимый для возбуждения взрыва заряда промышленных ВВ, получают в результате детонации небольшого по величине заряда инициирующего ВВ, размещенного в капсуле-детонаторе

или электродетонаторе. В зависимости от источника передачи начального импульса к заряду промышленного ВВ средства инициирования разделяются на четыре группы.

Средства огневого инициирования: капсюли-детонаторы, огнепроводный шнур, зажигательные патроны и средства зажигания огнепроводного шнура.

Средства электрического инициирования: электродетонаторы, соединительные провода, источники тока и контрольно-измерительная аппаратура.

Средства электроогневого инициирования: капсюли-детонаторы, огнепроводный шнур и электрозажигатели.

Средства инициирования с помощью детонирующего шнура: детонирующий шнур и средства огневого, электрического или электроогневого инициирования.

Средства инициирования характеризуют применяемый способ взрыва, поэтому они рассмотрены в параграфах этой главы, в которых изложены соответствующие способы взрывания зарядов. Приборы и принадлежности электрического взрывания рассмотрены в следующей главе.

§ 56. Иницирующие взрывчатые вещества

Для снаряжения капсюлей-детонаторов и электродетонаторов применяются первичные и вторичные иницирующие ВВ. К первичным иницирующим ВВ относятся ртуть, азид свинца и тринитрорезорцинат свинца. К вторичным ВВ относятся тетрил, гексоген и ТЭН.

Иницирующие ВВ являются высокочувствительными соединениями, в порошкообразном состоянии они особенно опасны в обращении и легко взрываются от слабого удара, трения, накола, тряски, луча огня или искры. Вследствие большой опасности перевозка первичных иницирующих ВВ в порошкообразном виде запрещена. В запрессованном виде опасность несколько снижается вследствие уменьшения их чувствительности. Первичные иницирующие составы негигроскопичны, но способны увлажняться. Характеристика первичных и вторичных иницирующих ВВ, применяемых в средствах взрывания, приведена в табл. 36.

Первичные иницирующие ВВ инициируют взрыв более мощных вторичных ВВ в капсюлях-детонаторах. Взрыв капсюля-детонатора вызывает взрыв основного заряда ВВ или шашки промежуточного детонатора.

Гремучая ртуть — кристаллический ядовитый порошок белого или серого цвета. В сухом порошкообразном состоянии чрезвычайно чувствительна даже к слабым механическим воздействиям. При содержании 10 % влаги гремучая ртуть горит не детонируя, при содержании 30 % влаги она даже не загорается. Прессованная гремучая ртуть

Таблица 36

Характеристика первичных и вторичных иницирующих ВВ

Показатели	Первичные иницирующие ВВ			Вторичные иницирующие ВВ		
	Гремучая ртуть	Азид свинца	ТНРС	Тетрил	ТЭН	Гексоген
Объем образующихся при взрыве газов, л/кг	316	308	448	412	780	890
Теплота взрыва, кДж/кг	1700	1590	1740	4500	5900	5500
Температура взрыва, °С	4450	4300	3030	3810	4000	3850
Плотность монокристалла, г/см ³	3,5	4,6	2,9	1,0	1,0	1,05
Кислородный баланс, %	-11,8	—	-56,0	-47,4	-10,1	-20,1
Скорость детонации, км/с	5,4	5,3	5,2	7,2	8,2	8,3
Работоспособность, см ³	110	115	110	350	500	470
Температура вспышки, °С	165	327	270	195	220	203,5
Чувствительность к удару, %	2	4	11	30	30	30

менее чувствительна к внешним воздействиям, поэтому для изготовления детонаторов она применяется в прессованном виде.

Азид свинца — белый мелкокристаллический порошок, негигроскопичен, не растворяется в воде и не теряет детонационной способности при увлажнении. Азид свинца — наиболее мощное первичное иницирующее ВВ, менее токсичное, чем гремучая ртуть, поэтому находит широкое применение при изготовлении детонаторов. Степень уплотнения и температура азид свинца не влияют на его чувствительность. Недостаточная чувствительность азид свинца к лучу огня приводит к тому, что его применяют в сочетании с более чувствительным к воспламенению тринитрорезорцинатом свинца.

Тринитрорезорцинат свинца — (ТНРС) — золотисто-желтый кристаллический порошок. По чувствительности занимает промежуточное положение между гремучей ртутью и азидом свинца.

Вторичные иницирующие ВВ предназначены для увеличения энергии иницирующего импульса и передачи детонации основному заряду ВВ. Они менее чувствительны к внешнему воздействию, но имеют большую скорость детонации и теплоту взрыва.

Тетрил (тринитрофенилметилнитрамин) — кристаллический порошок бледно-желтого цвета. При воспламенении быстро горит и переходит в детонацию. Применяется в качестве вторичных ВВ в детонаторах.

ТЭН — кристаллический порошок белого цвета, негигроскопичен и нерастворим в воде. Относится к мощным вторичным иницирующим ВВ.

щим ВВ. Применяется для изготовления детонирующего шнура и в качестве вторичных инициирующих ВВ в некоторых типах электродетонаторов.

§ 57. Капсюль-детонатор

Капсюль-детонатор представляет собой цилиндрическую гильзу (медную, алюминиевую, латунную или бумажную) диаметром 6—7 мм и длиной 47—51 мм, снаряженную зарядами первичного и вторичного инициирующего ВВ (рис. 41). В гильзу детонатора запрессовывается сначала вторичное инициирующее ВВ (ТЭН, тетрил, гексоген), а затем вводится первичное инициирующее ВВ в металлической чаше с отверстием в центре диаметром 2—2,5 мм. Сквозь это отверстие к первичному инициирующему ВВ проникает пламя огнепроводного шнура и вызывает детонацию ВВ. Для предотвращения высыпания ВВ отверстие чашечки закрывается шелковой сеточкой.

В настоящее время промышленностью выпускаются капсюли-детонаторы, которые в зависимости от состава заряда ВВ делятся на гремучертутно-тетриловые и азидо-тетриловые.

Для усиления инициирующего действия доньшко капсюля-детонатора имеет кумулятивное углубление.

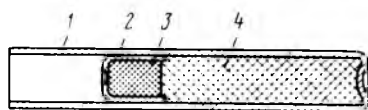
Заряд инициирующих ВВ занимает примерно две трети высоты гильзы. Верхняя, свободная часть гильзы, так называемое дульце, длина которого 17—23 мм, предназначена для введения огнепроводного шнура или электровоспламенителя.

В наименование капсюля-детонатора входят его номер и первые буквы названия материала гильзы (М — медь, Б — бумага, А — алюминий), а для азидо-тетриловых, кроме того, первые буквы названия инициирующих ВВ. Например, № 8-А-ТАТ — азидо-тетриловый с добавкой ТНРС, детонатор № 8 в алюминиевой гильзе (ТАТ — ТНРС — азид — тетрил).

Капсюли-детонаторы имеют высокую чувствительность к удару, трению, сжатию и огню. Поэтому при обращении с ними нужно соблюдать максимальную осторожность: переносить их необходимо в специальных сумках; перед употреблением тщательно осматривать; очищать от соринки только легким постукиванием о ноготь пальца.

Рис. 41. Капсюль-детонатор:

1 — гильза; 2 — чашечка; 3 — первичное инициирующее ВВ, 4 — вторичное инициирующее ВВ



§ 58. Огнепроводный шнур

Огнепроводный шнур применяется для передачи луча огня к иницирующему ВВ в капсулах-детонаторах или воспламенения пороховых зарядов.

Огнепроводный шнур представляет собой слабо спрессованную из дымного пороха сердцевину с направляющими нитями, завернутую в нитяные оплетки с гидроизоляционными прослойками (рис. 42).

В зависимости от гидроизоляции различают шнуры — асфальтированный (ОША), двойной асфальтированный и с пластиковым покрытием (ОШП).

Характеристика огнепроводных шнуров

Марка шнура	ОША	ОШП
Диаметр, мм	4,8—5,8	5—6
Материал наружного покрытия	Водоизолирующая мастика опудренная	Пластиковая масса
Применение в среде	Влажной и сухой	Обводненной, влажной и сухой
Гарантийный срок годности, лет	5	5

Внешний диаметр шнура при трех оплетках 5—6 мм, скорость горения 1—1,18 см/с. Правилами безопасности предусмотрено, что скорость горения для нормально горящего огнепроводного шнура длиной 60 см должна быть не менее 60 и не более 70 с.

Огнепроводный шнур ОША может использоваться при температуре от +45° до -25°, а ОШП — при температуре от +50° до -35 °С. Хранение огнепроводного шнура во избежание слипания наружных оболочек в бухтах — при температуре до +30 °С.

Промышленность выпускает огнепроводные шнуры отрезками по 10 м. Эти отрезки свертывают в круги и по 25 шт. укладывают в бухту, которую завертывают в бумагу. Каждые 8—12 бухт упаковывают в деревянные ящики. В ящики помещают от 2000 до 3000 м шнура.

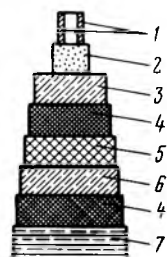


Рис. 42. Огнепроводный шнур:

1 — направляющие нити; 2 — пороховая сердцевина; 3 — двойная льняная оплетка; 4 — смола; 5 — асфальт; 6 — внутренняя оплетка; 7 — наружная оплетка

§ 59. Средства зажигания огнепроводного шнура

Зажигание огнепроводного шнура при взрывных работах может производиться при помощи электрозажигателя, электрозажигательного патрона, зажигательного патрона, тлеющего фитиля и отрезка огнепроводного шнура. Зажигательные трубки одиночных зарядов можно зажигать спичкой.

Тлеющий фитиль представляет собой шнур с льняной или хлопчатобумажной сердцевинкой, пропитанной раствором калиевой селитры. Снаружи шнур заключен в хлопчатобумажную оплетку из крученой пряжи, диаметр фитиля 6—8 мм, скорость тления 0,4—1,0 см/мин. Его зажигают спичкой и подносят к концу огнепроводного шнура.

Фитиль следует хранить в сухом месте, так как при увлажнении он теряет способность тлеть. Фитиль сматывают в бухты по 50 м длиной, пакут по пять бухт в пачки, обертывают бумагой и перевязывают шпагатом. Каждые восемь пачек упаковывают в деревянный ящик.

Зажигательные патроны применяются для группового зажигания 10—40 отрезков огнепроводного шнура и представляют собой бумажные гильзы, на дне которых помещается в виде лепешки пороховой воспламенительный состав (рис. 43). Собранные в пучок огнепроводные шнуры помещают в гильзу вплотную к пороховой лепешке и плотно обвязывают шпагатом. Одновременно в патрон вводят короткий (15—30 см) воспламенительный отрезок шнура. Зажженный воспламенительный отрезок огнепроводного шнура зажигает пороховую лепешку, от которой зажигаются все шнуры, находящиеся в патроне. Число зажигательных патронов, воспламеняемых за один прием, должно быть не более десяти на забой.

Патроны для группового зажигания могут воспламеняться также электрическим способом.

Электрозажигательные патроны ЭЗП-Б состоят из гильзы 6 с вырезами из прочной бумаги, в которой находится зажигательный состав 8, покрытый слоем лака 4 и электровоспламенительный элемент с жестким креплением мостика 1 (рис. 44).

Электровоспламенитель расположен под слоем зажигательного состава в вырезе вкладыша 10 и закреплен в гильзе тремя круглыми вкладышами из прочной бумаги. Нижний сплошной вкладыш 3 прикреплен к вкладышу 10. Верхний вкладыш 9 с круглым отверстием расположен против электровоспламенителя и приклеен к вкладышу 10. Весь узел электровоспламенителя приклеен к вставному дну гильзы 2, сделанному из картона. Выводные провода электровоспламенителя 5 выпущены через отверстие в гильзе (см. рис. 44).

Пучок ОШ на месте ведения взрывных работ вставляется в дульце гильзы до соприкосновения с зажигательным составом. Дульце гильзы стягивается резиновым кольцом 7.

Зажигательные и электрозажигательные патроны изготавливаются пяти типов в зависимости от числа поджигаемых огнепроводных шнуров.

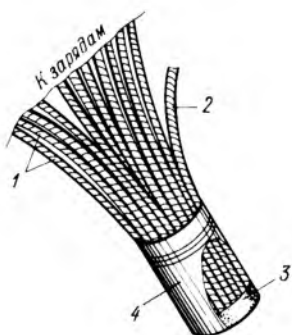


Рис. 43. Зажигательный патрон:

1 — отрезки шнуров от зарядов ВВ; 2 — воспламеняющий отрезок; 3 — зажигательный состав; 4 — корпус патрона

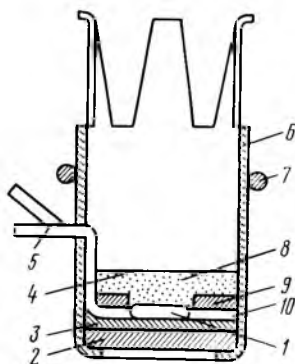


Рис. 44. Электрозажигательный патрон ЗЗП-Б

Для зажигания одного отрезка ОШ применяются электрозажигательные трубки ЗЗТ-2 и электрозажигатели огнепроводного шнура ЗЗ-ОШ-Б. Электрозажигательная трубка ЗЗТ-2 (рис. 45) предназначена для зажигания одного отрезка ОШ в сухих и влажных забоях и состоит из биметаллической гильзы 1, электровоспламенителя 2, зажигательного состава 3 и отрезка ОШ 4 длиной 250–600 мм, закрепленного в гильзе обжатием. Трубка имеет диаметр 6,9 мм, длину 51 мм и снабжена медными проводами длиной 2 м.

Электрозажигатель огнепроводного шнура ЗЗ-ОШ-Б (рис. 46) состоит из толстостенной бумажной гильзы 2, стальных втулок 1 и 3, бумажной втулки 4 и электровоспламенителя с жестким креплением мостика 5. Втулка 3 обжимается на заводе, а на месте выполнения работ вставляется ОШ в дульце гильзы до соприкосновения с бумажной втулкой и закрепляется в гильзе обжатием втулки 1. Выводные провода медные или стальные длиной 1 м.

Капсюль-детонатор, соединенный с огнепроводным шнуром, называется зажигательной трубкой (рис. 47). Патрон ВВ, в который введена зажигательная трубка, называется патроном-боевиком. Патрон-боевик может быть также оснащен электродетонатором или детонирующим шнуром. Боевик используется для передачи детонации заряду ВВ.

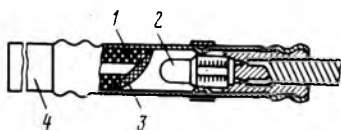


Рис. 45. Электрозажигательная трубка ЗЗТ-2

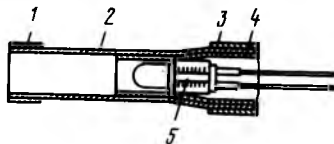
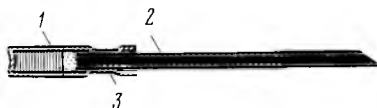


Рис. 46. Электрозажигатель огнепроводного шнура ЗЗ-ОШ-Б

Рис. 47. Зажигательная трубка:

1 — капсюль-детонатор; 2 — огнепроводный шнур; 3 — место обжима



§ 60. Электродетонаторы

Электродетонатор представляет собой соединение капсюля-детонатора с электровоспламенителем в одной гильзе.

Электродетонаторы различаются: по роду и количеству находящегося в них заряда инициирующего ВВ (гремучертутно-тетриловые и азидотетриловые); по времени срабатывания (мгновенного, короткозамедленного и замедленного действия); по конструктивному оформлению и назначению (общего значения, для сейсморазведки, для торпедирования нефтяных скважин и др.); по условиям применения (в сухих или обводненных местах, в шахтах, опасных или неопасных по газу и пыли); по мощности — на электродетонаторы нормальной и повышенной инициирующей способности.

Электровоспламенитель состоит из воспламенительной головки, устройства для ее зажигания и выводных проводов.

В зависимости от способа прохождения тока через электровоспламенитель и зажигания воспламенительной головки различают три типа электровоспламенителей: с металлическим мостиком (рис. 48, а), с токопроводящим воспламенительным составом (рис. 48, б) и искровые (рис. 48, в).

В электровоспламенителе с металлическим мостиком воспламенительная головка зажигается раскаленным при пропускании тока мостиком, помещенным внутри головки.

В электровоспламенителе с токопроводящим воспламенительным составом головка зажигается теплом, выделяющимся при прохождении тока через воспламенительный состав.

В искровых электровоспламенителях воспламенительная головка зажигается электрической искрой, возникающей при пробое воспламенительного состава между двумя электродами.

В СССР для взрывных работ применяют только электровоспламенители с металлическими мостиками среднего сопротивления (0,5—

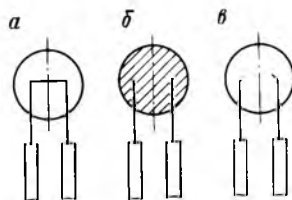


Рис. 48. Схемы электровоспламенителей

5 Ом). В некоторых странах (ГДР, Великобритания, ФРГ) при наличии блуждающих токов применяют искровые ЭД.

Крепление мостика может быть эластичным или жестким. При эластичном креплении мостик припаявается и приштамповывается к концам выводных проводов. При жестком креплении мостика основой для его крепления применяется каркас, состоящий из двух тонких латунных контактных полосок, обернутых тонким изоляционным картоном (рис. 49). Изоляционный картон, в свою очередь, охвачен латунной скобой, обжатой по картону в нескольких местах. Мостик прикрепляется к контактным полоскам, к которым припаяются выводные провода.

Воспламенительный состав у ЭД двухслойный. Внутренний слой состоит из высокочувствительных к тепловому импульсу компонентов. Он имеет низкую температуру воспламенения. Наружный слой менее чувствителен, но имеет более высокую температуру воспламенения и способен надежно воспламенять инициирующее вещество. Сверху головка электровоспламенителя покрывается нитролаком.

Выводные провода изготавливают одножильными. При этом медные провода обычно имеют диаметр 0,5 мм и сопротивление 0,09 Ом/м; остальные провода — диаметр 0,6 мм и сопротивление 0,4–0,5 Ом/м.

Выводные провода могут иметь полихлорвиниловую, резиновую, хлопчатобумажную и другие изоляции и длину одного конца от 1 до 4 м. Свободные концы проводов очищаются от изоляции на длину 20–40 мм. Крепление электровоспламенителя в гильзе ЭД обычно производится путем обжимки гильзы по пластиковой пробке.

Принцип действия ЭД состоит в том, что при пропускании электрического тока мостик накаливается, воспламенительный состав вспыхивает и пламенем через отверстие чашечки возбуждает взрыв первичного инициирующего ВВ детонатора. В зависимости от типа ЭД передача воспламенительного импульса первичному инициирующему ВВ может пере-

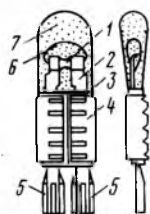
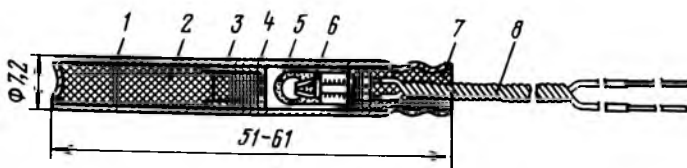


Рис. 49. Электровоспламенитель жесткой конструкции:

1 — мостик; 2 — латунная контактная полость; 3 — картон; 4 — латунная скобка; 5 — ножки контактных полосок; 6 и 7 — соответственно внутренний и наружный воспламенительные слои

Рис. 50. Электродетонатор ЭД-8-Ж:

1 — гильза; 2 — вторичный заряд; 3 — первичный заряд; 4 — чашечка; 5 — воспламенительная головка; 6 — мостик; 7 — пластиковая пробка; 8 — токопроводящие провода



даваться непосредственно (у ЭД мгновенного действия) и через замедляющие составы (у ЭД замедленного и короткозамедленного действия).

У электродетонаторов мгновенного действия электровоспламенитель находится непосредственно у чашечки капсуля-детонатора, который при включении тока взрывается мгновенно. Отечественная промышленность выпускает ЭД мгновенного действия общего применения в непридохранительном и предохранительном исполнении.

Непридохранительные электродетонаторы предназначены для инициирования зарядов ВВ на открытых и подземных горных работах, кроме шахт, опасных по газу или пыли.

Электродетонаторы ЭД-8Э и ЭД-8Ж (рис. 50) изготавливаются на базе стандартных гремучертутных капсулей-детонаторов со стальной гильзой. Их заряд состоит из 0,5 г гремучей ртути и 1,02 г гексогена и тетрила. Мостик — из нихромовой проволоки диаметром 30 ± 2 мк, длиной от 2 до 5 мм. Крепление мостика в ЭД-8Э эластичное, а в ЭД-8Ж жесткое. Воспламенительная головка твердая, двухслойная. В качестве выводных проводов применяется стальная или медная одножильная проволока диаметром 0,5 мм в полихлорвиниловой изоляции, длиной 2; 2,5; 3,5 и 4 м. Электровоспламенитель укреплен в гильзе путем обжимки ее по пластиковой пробке. На предохранительные электродетонаторы накладывается предохранительная оболочка.

Для горных предприятий промышленность выпускает электродетонатор мгновенного действия ЭД-1-8Т. Электродетонатор имеет повышенный безопасный ток равный 0,92 А. Он защищен от зарядов статического электричества до 10 кВ и от блуждающих токов до 1 А.

Электродетонаторы короткозамедленного действия (ЭД-КЗ) применяются в тех случаях, когда взрывы отдельных зарядов или серий зарядов должны следовать один за другим в определенной последовательности через весьма малые промежутки времени. Интервалы между взрывами обычно выбираются такими, чтобы каждый последующий взрыв происходил в то время, когда горная масса находится в напряженном состоянии под действием предыдущего взрыва или при появлении дополнительной открытой поверхности.

Электродетонаторы ЭД-КЗ состоят из электровоспламенителя, замедлителя и детонатора, смонтированных в общей гильзе. Используются быстросрабатывающие электровоспламенители, у которых воспламенительная головка сгорает без образования газов. Первый слой воспламенительной головки у электродетонаторов ЭД-КЗ обычно имеет такой же состав, как у электродетонаторов мгновенного действия, второй же слой делается из специальной смеси.

Необходимая величина замедления достигается подбором состава замедлителя и высотой его столбика. Номинальное время срабатывания указывается на доньшке гильзы электродетонатора или на металлической бирке, прикрепленной к выводным проводам.

Замедляющий состав в ЭД-КЗ запрессован в стальной колпачок, в который запрессовывается также инициирующее ВВ детонаторов.

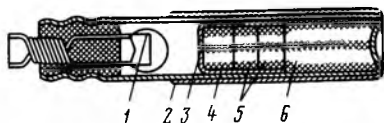


Рис. 51. Электродетонатор короткозамедленного действия:

1 — эластичный электровоспламенитель; 2 — предохранительное покрытие; 3 — колпачок; 4 — замедляющий состав; 5 — инициирующее ВВ; 6 — бризантное ВВ

У азидовых электродетонаторов в колпачок запрессовывается и часть навески бризантного ВВ (ТЭН). Снаряженный колпачок, в свою очередь, запрессовывается в гильзу электродетонатора.

В СССР выпускаются электродетонаторы короткозамедленного действия ЭД-КЗ с шестью ступенями замедления 25, 50, 75, 100, 150 и 250 мс (рис. 51). Электродетонатор ЭД-КЗ водостойчив, непреходимый, по мощности соответствует капсулю-детонатору № 8, предназначен для открытых и подземных работ для сухих и увлажненных заборов. Электродетонаторы ЭД-КЗ-П и ЭД-КЗ-ПМ предохранительные.

ЭД-КЗ-П выпускается пятью ступенями замедления 25, 50, 75, 100 и 125 мс, электродетонатор ЭД-КЗ-ПМ выпускается семи ступенями замедления — 15, 30, 45, 60, 80, 100, 120 мс. Выпускается еще электродетонатор ЭД-1-8-Т с 29 ступенями замедления $1 \div 10 - 20 \div 200$ через 20 мс, $11 \div 14 - 225 \div 300$ через 25 мс, $15 \div 18 - 350 \div 500$ через 50 мс, $19 \div 23 - 600 \div 1000$ через 100 мс, $24 - 1,5$ с, $25 \div 20 - 2 \div 10$ с через 2 с. Этот электродетонатор имеет повышенный безопасный ток, равный 0,92 А, он защищен от зарядов статического электричества и блуждающих токов. Может применяться при обработке металла взрывом.

Выпускается еще электродетонатор ЭД-З-Н повышенной мощности с 23 ступенями замедления — $1 \div 10 - 20 \div 200$ через 20 мс, $11 \div 14 - 225 \div 300$ через 25 мс, $15 \div 18 - 350 \div 500$ через 50 мс и $19 \div 23 - 600 \div 1000$ через 100 мс.

Электродетонаторы ЭД-КЗ имеют биметаллическую гильзу со стенками толщиной 0,3 мм. Первичный заряд — азид свинца (0,15 г), вторичный заряд — гексоген (1,1 г). Зажигательный и замедляющий составы, а также азид свинца и часть гексогена (0,3 г) запрессованы в стальной колпачок. Электровоспламенитель — типовой, с жестким или эластичным креплением мостика, выводные провода — стальные или медные с пластмассовой изоляцией. К одному из них укреплен металлическая бирка-жетон, на котором указан номер серии замедления.

Электродетонаторы ЭД-КЗ-25 выпускаются с номинальными замедлениями: 25, 50, 75, 100, 150 и 250 мс. Отклонения от номинальных замедлений при постоянном токе 1 А могут составлять: для первых двух серий ± 10 мс, для третьей — от -10 до $+15$ мс, для четвертой — от -5 до $+30$ мс, для пятой — от -15 до $+45$ мс и для шестой — ± 50 мс.

Электродетонаторы замедленного действия (ЭД-ЗД) отличаются от электродетонаторов мгновенного действия тем, что между электровоспламенителем и первичным инициирующим ВВ помещен столбик за-

медляющего состава. Время замедления зависит от длины столбика замедлителя, его состава и плотности. О номинальном замедлении электродетонаторов замедленного действия можно судить по номеру ступени замедления, выбитому на металлической бирке, прикрепленной к выводным проводам. Отечественные заводы выпускают электродетонаторы (ЭД-ЗД) девяти ступеней 0,5; 0,75; 1; 1,5; 2; 4; 6; 8 и 10 с.

Электродетонаторы ЭД-ЗД изготавливаются двух типов: гремучертутные и азидовые. Они имеют стальные гильзы, выводные провода (стальные или медные). При использовании стальных проводов мостик имеет жесткое крепление, а при использовании медных проводов — эластичное.

В электродетонаторах ЭД-ЗД зажигательный и замедляющий составы и инициирующие ВВ запрессовываются в стальной колпачок. У азидовых ЭД-ЗД в колпачок запрессовывается также часть бризантного ВВ (ТЭНа).

ЭД мгновенного действия укладывают в картонные коробки по 40—70 шт. (в зависимости от длины проводов), электродетонаторы ЭД-КЗ и ЭД-ЗД — по 40—60 шт. в картонные коробки рядами по 5—10 шт.

Для ведения взрывных работ в специальных условиях при высоких температурах, при использовании высоковольтных напряжений, для исследования сейсмических волн и других условиях наша промышленность выпускает ряд специальных ЭД.

Сейсмические электродетонаторы имеют высокую водонепроницаемость, могут работать под столбом воды до 50 м и имеют время срабатывания около 1 мс. По ГОСТ 9089—75 эти ЭД имеют сопротивление 1,5—3 Ом, безопасный ток — 0,15 А, постоянный ток для надежного воспламенения одиночного детонатора № 0,75 А.

Термостойкие электродетонаторы изготавливаются по ГОСТ 16562—71 следующих типов: ТЭД-165, ТЭД-200 и ТЭД-270. Они предназначены для ведения прострелочных и взрывных работ при высоких температурах в геологоразведочных, эксплуатационных скважинах и других условиях. Число, стоящее в марке ЭД, показывает предельно допустимую температуру окружающей среды.

Термостойкий ЭД представляет собой алюминиевый колпачок с вмонтированным в него электроузелом. На нихромовый мостик напрессован воспламенительный состав с первичным зарядом ВВ. Поверх первичного заряда в колпачок запрессована чашечка с вторичным ВВ. Стык колпачка с чашечкой, поверхность чашечки и стык колодочки с выводными проводами покрыты лаком.

Высоковольтные ЭД выпускаются двух типов — ЭДВ-1 и ЭДВ-2. Они состоят из гильзы, в которую запрессованы навески вторичного ВВ. В дульце закреплен электровоспламенитель (путем обжимки по пластиковой пробке, напрессованной на медные выводные провода), представляющий собой металлический мостик малого сопротивления, который

крепится к вилочкам штамповки или припаивается. Мостик лежит на выступе пробки.

По техническим условиям для взрывания через высоковольтный ЭД должен быть пропущен разряд конденсатора емкостью 1 мкФ, заряженного до 20 кВ. При этом кабель, соединяющий конденсатор с ЭД, должен иметь длину не более 20 м.

Высоковольтные ЭД должны быть водостойкими, выдерживать столб воды высотой 2 м в течение 15 мин, тряску, быть прочными (должны выдерживать в течение 5 мин подвешенный к выводным проводам груз массой 3 и 1 кг соответственно для ЭДВ-1 и ЭДВ-2). Длина электродетонаторов ЭДВ-1 и ЭДВ-2 составляет 60 мм, диаметр соответственно 7,2 и 8,2 мм. Выводные провода медные, диаметром 0,5 мм, с пластмассовой изоляцией.

Высоковольтные ЭД предназначены для одиночного взрывания. Их применяют при взрывных работах для технических целей на машиностроительных и других заводах.

§ 61. Детонирующий шнур и пиротехническое детонационное реле

Детонирующий шнур (рис. 52) предназначен для возбуждения и передачи детонации от капсюля-детонатора к заряду ВВ, от заряда к заряду на большие расстояния, для обеспечения полноты детонации рассредоточенных зарядов ВВ. Сердцевина ДШ состоит из высокобризантного ВВ (ТЭНа). Сердцевину оплетают три спиральные нитяные оплетки. Средняя и наружная оплетки покрыты изолирующим составом и лаком, предохраняющими сердцевину от увлажнения и механических повреждений. Наружная оплетка ДШ окрашивается в красный или белый цвет (с двумя красными нитями), что резко отличает его от огнепроводного шнура.

ДШ взрывается от обычного детонатора или ЭД. Его можно легко и безопасно резать ножом на деревянной доске, однако не разрешается резать его после введения в боевик или заряд. Шнур не чувствителен также к удару, огню, искрам. Он загорается с трудом и горит спокойно, без вспышек, однако зажигать его с целью уничтожения в отрезках длиной более 10–12 см не разрешается. Парафиновая изоляция шнура обеспечивает водонепроницаемость в течение 12 ч и более, что позволяет применять его для взрывания в воде.

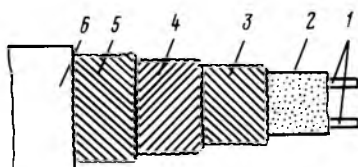


Рис. 52. Детонирующий шнур:

1 — направляющие нити; 2 — сердцевина шнура; 3, 4 и 5 — соответственно первая, вторая и третья специальные оплетки; 6 — внешняя изолирующая оболочка

Таблица 37

Характеристика отечественных ДШ при скорости детонации 7 км/с

Марка	Диаметр, мм	Масса ВВ на 1 м шнура, г	Покрытие наружной оплетки	Допускаемое время выдерживания в воде, ч	Допустимая температура	
					От	До
ДША	4,8—5,8	12	Водоизолирующая мастика	12	—28	+50
ДШВ	5,5—6,1	14	Полихлорвиниловый пластикат	24	—35	+60
ДШЭ-6	3,7—4,7	6	Кабельный полиэтилен	30	—50	+65
ДШЭ-12	4,5—5,5	12	То же	30	—50	+65

ДШ выпускается отрезками по 50 м, свернутыми в бухты и обернутыми плотной бумагой. Бухты по 10 шт. укладывают в деревянные ящики длиной 712, шириной 550 и высотой 265 мм. Гарантийный срок хранения шнура 1,5 года. Характеристика ДШ, выпускаемых промышленностью, приведена в табл. 37.

Для проведения взрывных работ в нефтедобывающей промышленности созданы термостойкие детонирующие шнуры ДШТ-165 и ДШТ-200.

ДШТ-165 предназначен для использования при температуре до +165 °С и представляет собой удлинённый заряд гексогена массой 14 г на 1 м, заключённый в оболочку из целлофановой ленты, в льняную и хлопчатобумажную оплетку и имеющий герметизирующее покрытие из полиэтилена.

ДШТ-180 предназначен для использования при температуре до +180 °С и отличается от ДШТ-165 тем, что заряд гексогена заключён в оболочку из фторопластной ленты, в две оплетки из стеклонитей и оплетку из фторопластовой пленки. Он также имеет герметизирующее покрытие из полиэтилена.

Пиротехнические детонационные реле применяют при короткозамедленном взрывании зарядов детонирующим шнуром и применяются для создания замедлений на магистральных линиях ДШ между соседними скважинами (или сериями скважин), благодаря чему последние взрываются в определенной последовательности и через определенные интервалы времени.

На открытых разработках широко применяют пиротехнические детонационные реле одностороннего действия КЗДШ-69 (рис. 53).

Пиротехническое детонационное реле КЗДШ-69 состоит из пластиковой или бумажной трубки 5, в которой находится замедляющий элемент (капсюль-детонатор 4 и пиротехнический замедлитель 3). Пиротехнический замедлитель представляет собой металлическую гильзу, заполненную смесью тонкоизмельченной окиси меди и алюминиевой пудры. При

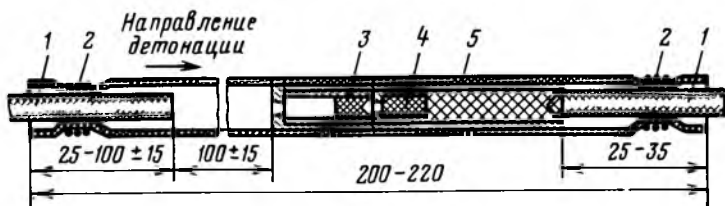


Рис. 53. Пиротехнический замедлитель детонирующего шнура КЗДШ-69

помощи фиксаторов 2 по обеим сторонам трубки закреплены два отрезка ДШ 1: один длиной 310 мм, а другой 210 мм. Срез короткого отрезка ДШ вставлен в капсюль-детонатор. Между длинным отрезком шнура и капсюлем-детонатором с замедлителем остается пространство длиной 100—115 мм.

На поверхности бумажной гильзы черной краской нанесены стрелка и цифры, указывающие направление детонации и время замедления в миллисекундах. Реле включают в разрыв сети ДШ в соответствии со стрелкой, указывающей направление детонации. Принцип действия реле основан на том, что ударная волна взрыва ДШ, проходя через полую трубку, воспламеняет замедляющий элемент, который передает воспламеняющий импульс капсюлю-детонатору. Последний вызывает детонацию ДШ, передаваемую в заряд. Величина замедления определяется составом и длиной столбика замедляющего элемента, а также плотностью прессования ВВ в нем.

КЗДШ-69 выпускается под номерами 1—10 со следующими замедлениями: 10 ± 4 ; 20 ± 6 ; 35 ± 7 ; 50 ± 7 ; 75, 100, 125, 150; 175 и 200 мс.

При необходимости путем последовательного соединения нескольких реле могут быть получены и другие величины замедлений. Общее время замедления в этом случае равняется сумме величин замедлений соединенных реле.

§ 62. Испытания средств инициирования

При поступлении на склад и периодически в процессе хранения средства инициирования испытывают на пригодность их для применения.

Испытание капсюлей-детонаторов. При наружном осмотре тары от каждой поступившей партии вскрывают не менее двух ящиков и отбирают не менее 200 капсюлей-детонаторов. Металлические гильзы не должны иметь трещин или раковин, а бумажные гильзы — отслаиваемой бумаги у дульца, препятствующей введению огнепроводного шнура. Внутренняя поверхность металлических и бумажных гильз не должна иметь следов засоренности. Кроме того, у капсюлей-детонаторов в бумажных гильзах не должно быть сколов тетрила у дна гильзы.

Характер и виды испытаний средств инициирования следующие:

капсюли-детонаторы: наружный осмотр тары; внешний осмотр отобранных капсюлей-детонаторов;

электродетонаторы: наружный осмотр тары; внешний осмотр отобранных ЭД; соответствие электрического сопротивления отобранных ЭД;

огнепроводный шнур: наружный осмотр тары; внешний осмотр отобранного огнепроводного шнура; испытание на скорость, полноту и равномерность горения; испытание на водостойкость;

детонирующий шнур: наружный осмотр тары; внешний осмотр отобранного ДШ; испытание на безотказность взрывания по установленным схемам; испытание на водостойкость.

При наличии указанных дефектов всю партию бракуют, составляют рекламационный акт, один экземпляр которого высылают заводу-изготовителю.

Вопрос о возможности дальнейшего использования забракованной партии решается комиссией с участием представителя завода-изготовителя. Отобранные с дефектами капсюли-детонаторы подлежат уничтожению в установленном порядке.

Испытание электродетонаторов. От поступившей на базисный склад партии ЭД из двух ящиков и не менее чем из 20 коробок отбирают 200 ЭД, которые подвергают наружному осмотру.

Если ЭД снаряжены в металлические гильзы, то на гильзах не должно быть окисления, загрязнения, трещин, помястостей или раковин. У ЭД, снаряженных в бумажные гильзы, не должно быть отслаивания бумаги в местах склеивания, а также разломачивания бумажных гильз и сколов тетрила у дна гильзы ЭД. Не допускаются слабая обжимка детонатора, нарушение изоляции проводов, загрязнение и окисление защитных концов проводов.

В случае обнаружения дефектов при осмотре отобранных ЭД составляют рекламационный акт, который направляют заводу-изготовителю, вышестоящей хозяйственной организации и ведомственному институту по безопасности работ для принятия соответствующих мер. При этом всю партию бракуют. Вопрос о возможности дальнейшего ее использования решает комиссия с участием представителей завода-изготовителя. Забракованные ЭД следует уничтожить в установленном порядке.

При проверке на расходных складах электрического сопротивления ЭД помещают в специальное предохранительное (защитное) устройство, для того чтобы в случае взрыва ЭД осколки не могли травмировать проверяющего. Сопротивление ЭД должно соответствовать сопротивлению, указанному на этикетках коробок. При отклонении сопротивлений от указанных на этикетках электродетонаторы бракуют, не допускают к применению и составляют рекламационный акт, экземпляры которого высылают заводу-изготовителю, вышестоящей хозяйственной организации, ведомственному институту по безопасности работ, а также ведомству-изготовителю ВМ.

Испытание огнепроводного шнура. От каждой поступившей партии вскрывают не менее одного ящика, в котором все бухты ОШ подвергают наружному осмотру. Наружным осмотром устанавливают наличие или отсутствие следующих дефектов: переломы, трещины в оболочке, разломачивание концов, следы подмочки и прочее. В случае обнаружения указанных дефектов всю партию бракуют, составляя рекламационный акт, экземпляры которого высылают заводу-изготовителю, ведомственному институту по безопасности работ и ведомству-изготовителю ВМ. Все бухты шнура, имеющие дефекты, бракуются и подлежат уничтожению. Из прошедших наружный осмотр отбирают 2 % бухт, которые подвергают другим видам испытаний.

Огнепроводный шнур испытывают по всем указателям только после выдерживания его в воде: ОША — в течение 1 ч; ОШП — в течение 4 ч на глубине 1 м, причем концы кругов шнура марки ОШП заделывают водостойчивой мастикой. Шнур, давший хотя бы одно затухание после замачивания в воде, можно допускать для работы только в сухих забоях.

Отобранные для испытаний бухты шнура разматывают и от каждой бухты с одного конца отрезают 5 см, затем отрезают отрезок длиной 60 см. Подготовленные отрезки ОШ зажигают и устанавливают время горения каждого отрезка. Продолжительность горения нормально горящего ОШ длиной 60 см должна быть не менее 60 и не более 70 с.

Огнепроводный шнур, давший хотя бы один случай затухания, а также большее или меньшее время горения, бракуют. Оставшиеся от испытаний на скорость горения бухты ОШ разматывают на площадке и поджигают. При этом шнур должен гореть равномерно, без хлопков и прорывов искр через оболочку, а также не должно быть затуханий горения пороховой сердцевины и воспламенений оболочки. Если отмечено хотя бы одно затухание или другие указанные выше дефекты, то эту партию шнура испытывают повторно с удвоенным количеством шнура. В случае обнаружения указанных дефектов всю партию бракуют, составляя рекламационный акт, экземпляры которого высылают заводу-изготовителю, ведомственному институту по безопасности работ и ведомству-изготовителю ВМ. Вопрос о дальнейшем ее применении решает комиссия с участием представителя завода-изготовителя.

Испытание детонирующего шнура. От каждой партии, поступившей на склад, вскрывают один ящик, в котором все бухты ДШ подвергают наружному осмотру. При этом устанавливают наличие или отсутствие дефектов, как, например, нарушение целостности оболочки, переломы, утончение и утолщение. Если число бухт с дефектами превышает 10 % общего числа подвергающихся осмотру бухт, всю партию ДШ бракуют.

Для испытания на безотказность взрывания берутся три бухты, от которых отрезают по пять отрезков длиной по 1 м, а оставшиеся 45 м разматывают и располагают в качестве магистральной линии. К каждой из трех магистральных линий присоединяют на некотором расстоянии отрезки ДШ и располагают их в направлении по ходу детонации шнура.

Присоединение отрезков к магистральной линии шнура должно

быть таким, какое применяется на данных взрывных работах. При соединении отрезков внакладку конец шнура должен плотно прилегать к магистрали на длине 10 см. Их можно соединить изоляционной лентой или шпагатом. Концы магистральных линий детонирующего шнура, если бухта состоит из отдельных кусков, соединяют между собой последовательно внакладку. К одному из концов магистрали присоединяют ЭД или зажигательную трубку и с расстояния не менее 50 м производят взрывание. ДШ, давший при взрыве по трем схемам соединения более одного отказа на магистрали или более двух отказов в детонации в присоединенных пяти отрезках, бракуют.

Если предполагается применять ДШ в обводненных условиях, то на безотказность взрывания его испытывают после замачивания шнура в воде (на глубине 1 м). Если шнур предстоит применять в мокрых забоях, то замачивание ведется в течение 1 ч, для работы в воде — в течение 4 ч. Для испытания ДШ на водонепроницаемость используют отрезок длиной 5 м. Концы этого отрезка перед погружением его в воду герметизируют изолирующей мастикой. После выдержки в воде отрезок шнура вынимают и разрезают на пять равных частей и связывают их один с другим в одну линию. Соединенный морскими узлами шнур испытывают на безотказность взрывания. При этом шнур должен детонировать полностью.

Если отрезки шнура не выдерживают испытания на водонепроницаемость, то их дополнительно испытывают на безотказность взрывания без замачивания, и если получены положительные результаты, то данная партия шнура может быть допущена к использованию в сухих забоях.

Глава XI

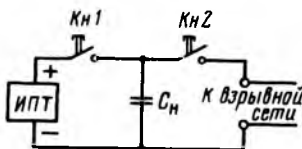
ПРИБОРЫ ВЗРЫВАНИЯ И КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ ПРИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ВЗРЫВАНИИ ЗАРЯДОВ

§ 63. Приборы взрывания

При электрическом взрывании зарядов применяются автономные и сетевые приборы. Автономные приборы взрывания имеют собственный источник энергии, сетевые получают энергию от осветительных или силовых сетей электрических установок или от передвижных электростанций.

Автономные приборы, у которых в качестве источника энергии применяются гальванические элементы или аккумуляторы, называются взрывными приборами, если же источником энергии являются мало-мощные генераторы с ручным приводом, их называют взрывными машинками. Взрывные приборы могут быть конденсаторными, высокочастотными и батарейными, взрывные машинки — конденсаторными и динамоэлектрическими.

Рис. 54. Принципиальная схема конденсаторного взрывного прибора



Конденсаторные взрывные приборы и машинки выпускаются как во взрывобезопасном, так и нормальном исполнении.

В качестве источника тока для воспламенения электродетонаторов в них применяется заряженный конденсатор. Принцип действия конденсаторных взрывных приборов и машинок заключается в относительно медленном (в течение 10–20 с) накоплении в конденсаторе электроэнергии, получаемой при зарядании от маломощного первичного источника тока, и в быстрой (в течение нескольких миллисекунд) отдаче запасенной конденсатором энергии во взрывную сеть. Вследствие этого мощность посылаемого взрывным прибором импульса в несколько тысяч раз превышает мощность, получаемую при зарядании, что позволяет при помощи маломощного, малогабаритного и легкого источника энергии воспламенять большое число ЭД.

Конденсаторные взрывные приборы и машинки состоят из конденсатора-накопителя C_n (рис. 54), зарядного устройства, взрывного переключателя и светосигнального устройства. Светосигнальные устройства у конденсаторных взрывных приборов и машинок применяют прямого действия и релаксационные. При включении ключа $Kn1$ от источника постоянного тока (ИПТ) заряжается конденсатор-накопитель C_n , а при нажатии на кнопку $Kn2$ — конденсатор разряжается во взрывную сеть.

Конденсаторные взрывные приборы оборудуют зарядными устройствами двух типов: с заряданием конденсатора-накопителя от батареи и с преобразователем напряжения. В первом случае конденсатор заряжается от малогабаритной гальванической батареи с напряжением, равным напряжению конденсатора-накопителя. Зарядное устройство второго типа состоит из одного-трех последовательно соединенных обычных элементов, релаксационного генератора и схемы удвоения и выпрямления напряжения.

Взрывной переключатель предназначен для включения конденсатора-накопителя на зарядание и для присоединения его к взрывной сети в момент производства взрыва. Он подключает к конденсатору разрядный резистор для снятия с него заряда, оставшегося после взрывания, или всего заряда, если почему-либо отменено взрывание.

Общая характеристика применяемых взрывных приборов и машинок приведена в табл. 38, а их электрические характеристики — в табл. 39.

Конденсаторные взрывные приборы. В настоящее время наша промышленность выпускает конденсаторные взрывные приборы КВП-1/100М и ПИБ-100М.

Таблица 38

Общая характеристика взрывных приборов и машинок

Тип прибора и машинки	Исполнение	Напряжение на конденсаторе-накопителе, В	Допустимое соотношение по-следовательной сети при использовании ЗД нормальной чувствительности, Ом	Допустимое число ЗД нормальной чувствительности с медными проводниками	Основные размеры, мм	Масса, кг	Область применения

Конденсаторные взрывные приборы

КВП-1/100М	РВ	600	320	100	152×122×100	2	Для шахт, опасных по газу или пыли
ПИВ-100М	РВ	600	320	100	195×126×95	2,7	То же

Конденсаторные взрывные машинки

ВМК-500	Н	3000	2100	800	280×165×165	11	На открытых работах и в шахтах, не опасных по газу и пыли
КПМ-3	Н	1500	300	100	170×102×87	2,3	То же

Сетевые взрывные приборы

КВП-750	Н	513	513	170×5	290×220×160	7	На карьерах и в шахтах, не опасных по газу и пыли
ПВС-220	Н	220	220	70	140×60×86	1,5	То же

Примечание. РВ — во взрывоопасном исполнении; Н — в нормальном исполнении.

Конденсаторный взрывной прибор КВП-1/100М выполняется во взрывоопасном исполнении для использования в шахтах, опасных по газу или пыли. Он смонтирован в прочном пластмассовом корпусе и рассчитан для работы при температуре окружающей среды от -15 до $+35$ °С при относительной влажности до 98 %.

Конденсаторный взрывной прибор ПИВ-100М изготавливается в пластмассовом корпусе и предназначен для применения в шахтах, опасных

Таблица 39

Электрическая характеристика взрывных приборов и машинок

Тип прибора и машинки	Рабочая емкость конденсатора-накопителя, мкФ	Напряжение конденсатора-накопителя, В	Номинальное сопротивление взрывной сети $k_{ном}$, Ом	Импульс тока при номинальном сопротивлении, $A^2 \cdot ms$		Ток в конце импульса при номинальном сопротивлении, А	Предельно допустимое сопротивление $R_{пр}$ при котором в сеть проходит импульс тока, Ом	
				сети	прибора		$k_{в max}$	$k_{в min}$
КВП-1/1000М	9	600	320	3,62	2,21	1,41	256	485
ПИБ-100М	9	600	320	3,62	2,21	1,41	256	485
КПМ-3	1,8	1500	300	6,48	6,1	1,55	522	990
ВМК-500	3	3000	2100	2,31	1,68	1,23	1380	2100

Примечание. $k_{в min}$ и $k_{в max}$ — импульс воспламенения соответственно минимально и максимально чувствительных ЭД.

по газу или пыли, при температуре от -15 до $+40$ °С при относительной влажности до 98 %.

В настоящее время наша промышленность выпускает конденсаторные взрывные машинки КПМ-3 (рис. 55) и ВМК-500.

Конденсаторная взрывная машинка КПМ-3 предназначена для использования на открытых работах и в шахтах, не опасных по газу и пыли. Она смонтирована в пластмассовом корпусе и снабжена брезентовым футляром с наплечным ремнем. Эту машинку можно использовать при температуре от -40 до $+45$ °С и относительной влажности 100 %. Элект-

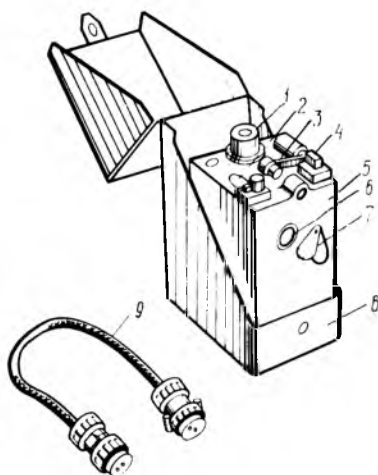
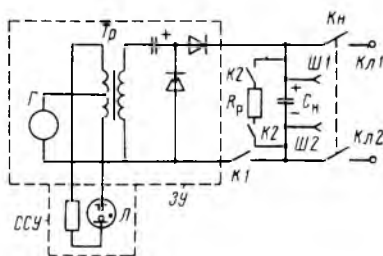


Рис. 55. Конденсаторная взрывная машинка КПМ-3:

1 — розетка штепсельного разъема для включения соединения кабеля; 2 — окно сигнальной лампочки; 3 — съемная приводная рукоятка; 4 — линейный зажим; 5 — пластмассовый корпус машинки; 6 — взрывная кнопка; 7 — заслонка для закрытия гнезда приводной рукоятки; 8 — футляр; 9 — соединительный кабель

Рис. 56. Электрическая схема прибора КПМ-3



рическая схема машинки (рис. 56) состоит из конденсатора-накопителя C_n , зарядного устройства ЗУ, светосигнального устройства ССУ, контакта $K1$ автоматического включателя, контактов $K2$ автоматического замыкателя и взрывной кнопки Kn . Конденсатор-накопитель имеет номинальную емкость 2 мкф и заряжается до 1500 В. Зарядное устройство состоит из маломощного генератора G переменного тока, повышающего трансформатора Tr , устройства для удвоения и выпрямления напряжения. Пока приводная рукоятка не вставлена в соответствующее гнездо и взрывная кнопка не нажата, контакты занимают положения, показанные на рис. 56. Когда приводная рукоятка генератора вставляется в свое гнездо, автоматически размыкаются контакты $K2$, т.е. разрядный резистор R_p отключается от конденсатора-накопителя. При вращении рукоятки генератора автоматически замыкается контакт $K1$, зарядное устройство подключается к конденсатору-накопителю, происходит зарядка. Примерно через 4 с неоновая лампочка L светосигнального устройства загорается, что указывает на готовность прибора к действию. Если при этом нажать на взрывную кнопку Kn , ее контакты замыкаются, конденсатор-накопитель присоединяется к линейным зажимам $KЛ1$, $KЛ2$ и отдает запасенную в нем энергию во взрывную сеть.

В машинке КПМ-3 применено светосигнальное устройство прямого действия. При этом сигнальная лампочка L подключена к первичной обмотке трансформатора Tr . Как только конденсатор-накопитель заряжается до 1500 В, лампочка загорается и светится при вращении рукоятки генератора.

У взрывной машинки КПМ-3 имеются дополнительные выводы $Ш1$ и $Ш2$ от конденсатора-накопителя, что позволяет две машинки соединить параллельно специальным соединительным кабелем и, следовательно, взрывать большее число ЭД. При совместном использовании двух машинок взрывная сеть присоединяется к одной из них, однако приводные рукоятки должны быть вставлены в обе машинки (без отключения разрядного сопротивления). Конденсаторы-накопители заряжаются вращением рукоятки любой из двух машинок, а взрывные — нажатием взрывной кнопки той машинки, к которой присоединена взрывная сеть.

В комплект машинки КПМ-3 входит пульт-пробник, позволяющий на месте работ проверять пригодность машинки для взрывания, а также

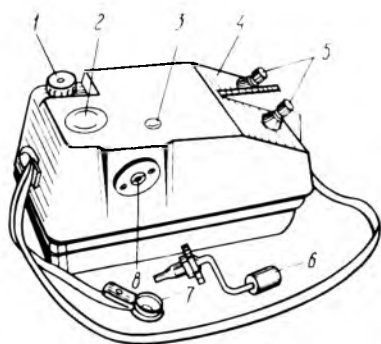


Рис. 57. Конденсаторная взрывная машинка ВМК-500:

1 - розетка штепсельного разъема; 2 - взрывная кнопка; 3 - окно светосигнального устройства; 4 - корпус из прочной пластмассы; 5 - линейные зажимы; 6 - приводная рукоятка; 7 - заглушка; 8 - гнездо приводной рукоятки

дающий возможность на базах и в ремонтных мастерских определять причины ее неисправности.

Конденсаторная взрывная машинка ВМК-500 предназначена для применения в условиях, не опасных по газу и пыли (рис. 57). Она смонтирована в пластмассовом корпусе и снабжена футляром с наплечным ремнем. Машинку ВМК-500 можно применять при температуре от -50 до $+50$ °С и относительной влажности до 95 %.

В машинке применена схема учетверения напряжения СУН (рис. 58). Учетверение напряжения достигается благодаря наличию в схеме дополнительного комплекса диодов ($D'1$ и $D'2$) и конденсаторов (C'_{B1} и C'_{B2}), в приборе применено релаксационное светосигнальное устройство.

Примененный в машинке ВМК-500 блок конденсаторов-накопителей состоит из шести последовательно соединенных конденсаторов $C_{H1} - C_{H6}$ с номинальной емкостью каждого 20 и общей — 3,3 мкФ. Поскольку при последовательном соединении напряжение, приложенное к блоку, делится между конденсаторами, в блоке можно применять конденсаторы со значительно меньшим номинальным напряжением, чем при использовании одного конденсатора.

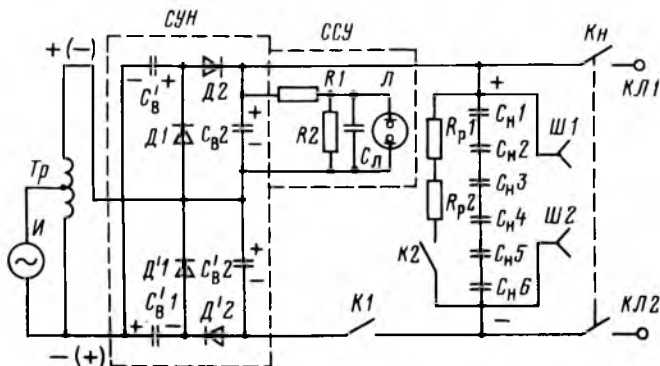


Рис. 58. Электрическая схема взрывной машинки ВМК-500

Для снятия с блока конденсаторов-накопителей остаточного заряда в схеме машинки предусмотрены резисторы R_p1 и R_p2 . В качестве источника энергии применяется маломощный генератор переменного тока с постоянными магнитами. При помощи повышающего автотрансформатора Tp и схемы умножения блок конденсаторов-накопителей заряжается до 3000 В.

Дополнительные выводы от блока конденсаторов-накопителей позволяют соединять параллельно две взрывные машинки, что, по данным завода-изготовителя, дает возможность взрывать группу из 1000 последовательно соединенных ЭД при сопротивлении взрывной сети до 2700 Ом или две параллельно включенные группы, в каждой из которых последовательно соединены 850 электродетонаторов при общем сопротивлении сети 1100 Ом. В комплект машинки ВМК-500 входит пульт-пробник.

Сетевые взрывные приборы получают энергию от осветительных или силовых сетей электрических установок. Применяют взрывные приборы с прямым включением тока, выпрямительные, конденсаторные и с включением тока в фиксированной точке синусоиды. Эти приборы запрещается применять в шахтах, опасных по газу или пыли, их применяют при ведении взрывных работ на земной поверхности и в шахтах, не опасных по газу и пыли.

Сетевые приборы с прямым включением тока состоят из рубильников, сигнальных ламп и контрольно-измерительных приборов, собираются в щиты, шкафы или ящики и носят название взрывных станций. Ключи от щитов, шкафов, ящиков и взрывных станций находятся у лица, ответственного за взрывные работы.

Простейшая взрывная станция содержит вспомогательный 1 и взрывной 2 рубильники, сигнальные лампочки L , зажимы $Kл$ для присоединения взрывной сети (рис. 59, а).

В более совершенных взрывных станциях имеется переключатель B и испытатель цепи для проверки способности взрывной станции обеспечить во взрывной сети гарантийный ток (рис. 59, б).

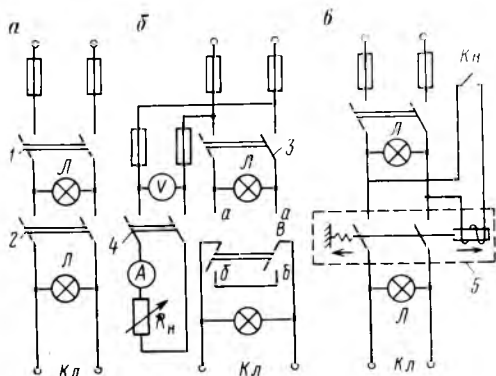


Рис. 59. Электрические схемы взрывных станций

Испытательная цепь состоит из регулируемого нагрузочного реостата R_n , вольтметра V и амперметра A . Перед взрывом измеряют сопротивление взрывной сети и на такое сопротивление регулируют реостат R_n . После этого рубильником 4 его подключают к сети. Если при этом амперметр показывает, что ток в испытуемой цепи не меньше расчетного, включают рубильники 4 и 3 и переводом переключателя B в положение $a-a$ производят взрыв (см. рис. 59, б).

Электрическая схема взрывной станции, где вместо взрывного рубильника применен конденсатор 5, показана на рис. 59, в. Станция этого типа может быть смонтирована с испытательной цепью. По этой схеме взрыв производится нажатием на кнопку K_n , которая может быть вынесена на значительное расстояние от взрывной станции.

Выпрямительный взрывной прибор КВП-750 предназначен для ведения взрывных работ на карьерах и шахтах, не опасных по газу и пыли. Прибор состоит из трехфазного выпрямителя B_n с шестью кремниевыми вентилями ВК-100, электромагнитного реле, светосигнального устройства ССУ и пяти пар выводных зажимов для подключения к прибору групп взрывной сети (рис. 60). Для подсоединения прибора к питающей сети служит трехжильный шланговый кабель длиной 10 м.

Электромагнитное реле состоит из катушки $P1-K$ и контактов $P1-1$, $P1-2$ и $P1-3$, оно обеспечивает выдержку времени 20–30 мс. Реле содержит катушку $P2-K$ и контакты $P2-1$ и $P2-2$, обеспечивает выдержку времени 10–15 мс. Светосигнальное устройство состоит из конденсатора C , неоновой лампочки L и двух сопротивлений $R1$ и $R2$.

Прибор работает следующим образом. При появлении на приборе напряжения через катушку $P1-K$ реле проходит ток и через 20–30 мс замыкаются его контакты $P1-1$, $P1-2$ и $P1-3$. При этом подается напряжение на выпрямитель B_n и катушку $P2-K$ реле. Через 10–15 мс замыкаются контакты $P2-1$ и $P2-2$ этого реле и на выходные зажимы подается выпрямленное напряжение (см. рис. 60). Если напряжение не ниже 513 В, лампочка светосигнального устройства начинает подавать вспышки.

Переносная взрывная станция ПВС-220 используется для взрывания электродетонаторов от сети однофазного переменного тока напряжени-

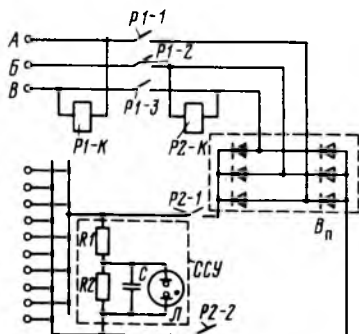
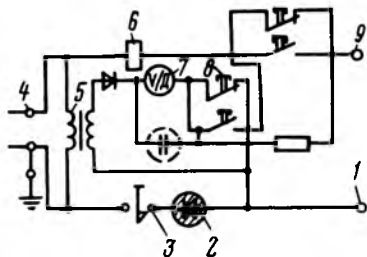


Рис. 60. Электрическая схема выпрямительного взрывного прибора КВП-750

Рис. 61. Принципиальная электрическая схема переносной взрывной станции ПВС-220



ем 220 В, частотой 50 Гц на открытых работах при температуре от -30 до $+40^{\circ}\text{C}$ и относительной влажности 98 %. Размеры станции $140 \times 60 \times 86$ мм, масса 1,5 кг, число взрывааемых ЭД (с нихромовым мостиком) при последовательном соединении равно 70 шт. Газовый разрядник прибора и его автоматический включатель мгновенного действия включает ток во взрывную сеть в момент максимального его значения и выключает при нулевом (рис. 61). В приборе также имеются понижающий трансформатор и вольтметр для измерения напряжения в сети переменного тока и сопротивления взрывной сети.

Сеть переменного тока подключается к линейным зажимам 4, взрывная сеть — к линейным зажимам 1 и 9. При нажатии кнопки 3 напряжение в сети подводится к одному из проводов разрядника 2. При нажатии кнопки 8 напряжение сети подводится ко второму проводу разрядника и в момент, когда оно равно потенциалу зажигания (около 200 В) разрядника, последний пробивается и через взрывную сеть протекает импульс разрядного тока.

При протекании импульса срабатывает реле 6, механически связанное с кнопкой 3, размыкающей сеть тока.

Понижающий трансформатор, во вторичную сеть которого включен прибор 7, служит для измерения напряжения электрической сети и сопротивления взрывной сети. Прибор нормально подключен параллельно вторичной обмотке трансформатора 5 и измеряет напряжение сети. Для измерения сопротивления взрывной сети прибор подключается последовательно во вторичную обмотку трансформатора.

Передвижные электростанции обычно применяют при выполнении взрывов, когда мощность взрывных машинок недостаточна, а силовых линий от стационарных электростанций или подстанций на месте ведения взрывных работ нет.

Наиболее широко применяют передвижные электростанции трехфазного тока, развивающие номинальное напряжение 220 или 400 В. При применении передвижных электростанций для взрывания рекомендуются: взрывную сеть присоединять непосредственно к выводным зажимам электростанции; во время производства взрывных работ отключить от электростанции всех потребителей энергии, даже маломощных; скорость вращения генератора должна быть не меньше указанного на его паспорте (для получения частоты тока не менее 50 Гц).

§ 64. Контрольно-измерительные приборы

При электрическом взрывании более 50 % дефектов ЭД можно отсортировать при измерении их электрического сопротивления. Поэтому Едиными правилами безопасности предусмотрена обязательная проверка качества ЭД по их электрическому сопротивлению. Для измерения сопротивления ЭД на карьерах и шахтах не опасных по газу и пыли используется измерительный мост Р-353, в шахтах, опасных по газу и пыли омметр-классификатор ЭД ОК-ЭД-1, мост переносной постоянного тока Р-3043, взрывной испытатель светодиодный ВИС-1, комбинированный измерительный прибор ИМС-1 и измерительный индикатор, работающий на селеном фотоэлементе Ю-140. Технические характеристики приборов контроля и измерения сопротивления ЭД и взрывной цепи приведены в табл. 40.

Таблица 40

Характеристики контрольно-измерительных приборов

Наименование и тип взрывного прибора	Исполнение	Источник питания	Основные размеры, мм	Масса, кг	Амплитудное значение тока в цепи, мА, не более	
					Нормальный режим	При повреждениях
Измерительный мост Р-353	Н	Сменный элемент РЦ-83Х или МЦ-4К	160×140×83	1,3	7	50
Мост переносной постоянного тока Р-3043	РО, И	Два элемента 373	180×160×62	1,6	7	50
Омметр-классификатор ОКЭД-1	РО, И	Аккумуляторный блок	227×146×100	2	7	50
Испытатель взрывной светодиодный ВИС-1	РО, И	Четыре аккумулятора Д-01	135×65×40	0,3	5	50
Метанометр с измерителем взрывной цепи ИМС-1	РО, И, С	Три аккумулятора Д-0,55	200×105×90	1,5	10	50
Индикатор электрический Ю-140		Селеновый фотоэлемент	90×60×30	0,2	0,3	0,3

Измерительный мост Р-353 предназначен для работы в условиях шахт и карьеров, не опасных по газу и пыли, при температуре от -40 до $+50^{\circ}\text{C}$, относительной влажности воздуха до 95 % (рис. 62). Мост имеет две шкалы с пределами измерений от 0,2 до 50 Ом и от 20 до 5000 Ом, погрешность не превышает 5 % от измеренного сопротивления. Первое плечо моста состоит из резистора R_1 и верхней части реохорда R'_p , второе плечо — из резистора R_2 и нижней части реохорда R''_p , третье плечо — из резисторов R'_3 и R''_3 и четвертым плечом служит измеряемое сопротивление r_x (рис. 63). Сопротивление первого и второго плеча зависит от положения ползуна P на реохорде P . Сопротивление третьего плеча зависит от положения переключки между контактами 1 и 2.

В качестве индикатора равновесия моста применен стрелочный гальванометр $ГВ$, на неподвижной шкале которого имеется только нулевая отметка. В мосте Р-353 использован источник питания, состоящий из гальванического элемента МЦ-4К и последовательно включенного с ним резистора r_0 сопротивлением 30 Ом.

Пределы измерения, Ом	Погрешность, %	Область применения	Вид измерения	Изготовитель
0,2–50; 20–5000	± 5	Карьеры и шахты не опасные по газу и пыли	Сопротивление ЭД и взрывной цепи	Краснодарский завод экспериментальных приборов
0,3–30; 30–3000	± 5	Шахты и рудники опасные по взрыву газа и пыли	Сопротивление ЭД и взрывной цепи	ПО "Краснодарский ЗИП"
0,6–2,4; 0,5–5,5; 3–8,5	$\pm 2,5$	Шахты и рудники опасные по взрыву газа и пыли	Сопротивление ЭД	Харьковский завод точного приборостроения
< 320	± 5	Шахты и рудники опасные по взрыву газа и пыли	Контроль допускаемого сопротивления взрывной цепи	Харьковское ПО "Точприбор"
0–20; 0–400	± 5	Шахты и рудники опасные по взрыву газа и пыли	Сопротивление ЭД и цепи. Контроль содержания метана	Омское ПО "Электроточприбор"
0–10000	—	—	Сопротивление ЭД и цепи	Ленинградское ПО "Вибратор"

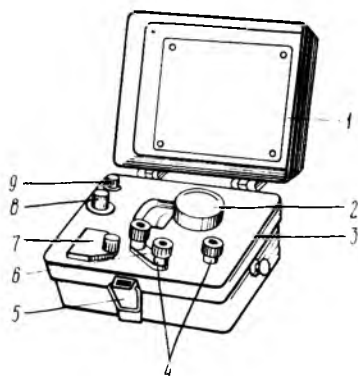


Рис. 62. Измерительный мост Р-353:

1 — металлический корпус; 2 — рукоятка для вращения шкалы при уравнивании моста; 3 — панель; 4 — зажимы для присоединения объектов измерения; 5 — замок; 6 — переключатель для переключения пределов измерения; 7 — крышка камеры источника тока; 8 — корректор гальванометра; 9 — кнопка для включения источника тока

Для определения сопротивления мост должен быть уравновешен и тогда

$$r_x = (R'3 + R''3) R1/R2.$$

Мостом Р-353 сопротивление измеряют в следующем порядке. Поворотом головки корректора стрелку гальванометра приводят на нулевую отметку. К зажимам присоединяют объект измерения. Затем при нажатии кнопки медленно поворачивают рукоятку до прихода стрелки гальванометра на нулевую отметку. Величину измеренного сопротивления отсчитывают по шкале лимба против нулевой отметки гальванометра.

Перед использованием моста должна быть проверена его исправность. Для этого зажимы моста замыкают накоротко ижимают кнопку. Если мост исправен, а напряжение источника питания не ниже допустимого, стрелка гальванометра должна отклоняться от конца шкалы при любом положении рукоятки для поворачивания шкал.

Для измерения сопротивления ЭД применяется омметр-классификатор ОКЭД-1, электрическая схема которого показана на рис. 64. Прибор на лицевой панели имеет стрелочный индикатор сопротивления, миллиамперметр, тумблер переключения $K1$, для установки предела I или предела II, кнопки $K2$ для подключения источника питания B к схе-

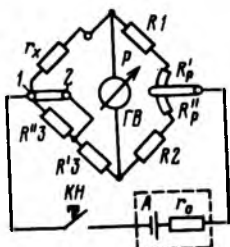


Рис. 63. Электрическая схема измерительного моста Р-353

ме прибора, потенциометр *Р6*, калибровку типа ППЗ-40 для настройки прибора перед измерением, потенциометр *Р3*, установку "О" типа ППЗ-40 на индикаторе напряжения, клеммы измерения для присоединения ЭД и гнезда (зарядание) для включения напряжения сети при подзарядании аккумуляторов.

Техническая характеристика омметра-классификатора ОКЭД-1

Индикатор прибора на ток, мА	100
Продолжительность цикла измерения, с	15
Погрешность измерения, %	±2,5
Сила тока, проходящего через измеряемое сопротивление, мА, не более	25
Максимальный ток короткого замыкания на клеммах прибора, мА	50
Исполнение прибора	Рудничное искробезопасное
Рабочее положение	Горизонтальное или под углом 45°
Основные размеры прибора, мм	227×146×100
Масса прибора, кг	2,0

Перед работой необходимо уравновесить мост, для чего подключаем к клеммам измерения сопротивления, равное 1 Ом при работе на пределе I и 3 Ом при работе на пределе II. Затем нажав кнопку *К2*, при помощи потенциометра *Р6* совмещают стрелку индикатора с красной калибровочной отметкой (см. рис. 64). Прибор готов к работе. Для проверки сопротивления ЭД устанавливаем стрелку индикатора корректора на нуль, определяем предел измерения, подсоединяем концевые провода ЭД к клеммам прибора, нажимаем кнопку *К2* и считываем по шкале индикатора напряжение и величину сопротивления ЭД.

Прибор ОКЭД-1 заряжается от сети переменного тока 200 В. Зарядание аккумулятора в шахте категорически запрещается.

Мост переносной постоянного тока Р-3043 предназначен для измерения сопротивления ЭД и взрывных сетей. Прибор имеет рудничное искробезопасное исполнение. На выходе измерительного моста в приборе имеется электронный усилитель *V1*, через который получают питание светоизлучающие диоды *Н1* и *Н2* (рис. 65). Если мост уравновешен, оба светодиода не горят. При отсутствии баланса сопротивления горит светодиод в той стрелке, которая показывает в каком направлении следует вращать ручку ползунка реохорда *Л*, чтобы уравновесить мост.

Взрывной испытатель светодиодный ВИС-1 предназначен для проверки целостности взрывных сетей или их отдельных элементов и электродетонаторов. Прибор используется как из укрытия, так и непосредственно в забое.

Для удобства взрывников разработан комбинированный измерительный прибор ИМС-1. Он позволяет измерять сопротивление цепи, электродетонаторов и содержание метана в призабойном пространстве.

Ленинградским заводом "Вибратор" разработан и выпущен оригина-

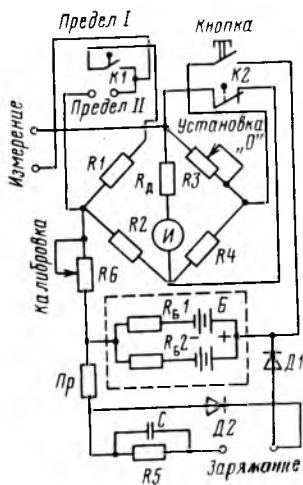


Рис. 64. Электрическая схема омметр-классификатора ОКЗД-1:

R_1, R_2, R_4, R_5 — резисторы УЛИ-0,25; R — сопротивление; I — индикатор; R_6^1 и R_6^2 — резисторы МЛТ-0,125; Pr — предохранители; D_1 и D_2 — диоды Д-211; C — конденсатор МБМ-250-0,5; B — аккумулятор; R_3 и R_6 — потенциометр ППЗ-40

Рис. 65. Электрическая схема переносного моста постоянного тока Р-3043

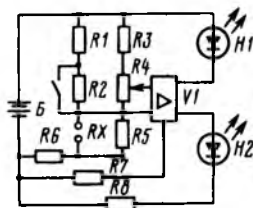
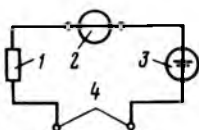


Рис. 66. Электрическая схема индикатора Ю-140

1 — резистор; 2 — измерительный механизм; 3 — фотозлемент Ф45С; 4 — зажимы для электрической цепи



нальный измерительный индикатор Ю-140 (рис. 66). В качестве источника тока применяется селеновый фотозлемент. Максимальный ток в сети не превышает 0,3 мА. Благодаря этому им можно проводить измерения, находясь в непосредственной близости от зарядов ВВ и ЭД. Прибор работает в диапазоне освещенности от 50 до 10^5 лк.

§ 65. Испытание взрывных машинок

Перед использованием машинок их необходимо испытать. Для этого машинок подвергают осмотру и проверяют на способность давать номинальный импульс тока, а если они снабжены миллисекундным замыкателем, то на длительность импульса.

При осмотре проверяется состояние линейных зажимов, корпуса, привода (у индикаторных конденсаторных машинок), взрывного ключа и светосигнального устройства. Линейные зажимы должны быть чистыми и иметь исправную резьбу, корпус не должен иметь заметных повреждений, что особенно важно для машинок во взрывобезопасном исполнении. Привод должен быть исправен (заводной ключ при этом легко, плавно

и бесшумно вращаться), взрывной ключ легко поворачивается и четко срабатывает. Светосигнальное устройство должно начать работать через промежуток времени, близкий к указанному в инструкции. Вспышки неоновой лампочки должны быть достаточно яркими.

Проверка на способность давать номинальный импульс тока у машинок без миллисекундного замыкания (КПМ-3 и ВМК-500) осуществляется при помощи встроенных в них светосигнальных устройств. Однако вспышка сигнальной лампочки свидетельствует лишь о том, что конденсатор получил полный заряд. Поэтому рекомендуется также проверить исправность элементов машинки, находящихся между конденсатором и линейными зажимами, посредством пробного взрывания двух параллельно соединенных ЭД. Последние присоединяют к машинке через добавочное сопротивление, величина которого берется от $1/3$ до $1/2$ номинального сопротивления.

Машинки с миллисекундными замыкателями проверяют специальными приборами ПКВИ-3 и ПКВИ-3М. Прибор ПКВИ-3 позволяет убедиться в том, что импульс тока, развиваемый машинкой при предельно допустимом сопротивлении внешней сети, не ниже $3 \text{ мА}^2 \cdot \text{с}$, длительность ее импульса не превышает 4 мс, а величина тока в тот момент, когда импульс достиг $3 \text{ мА}^2 \cdot \text{с}$, — не меньше 1 А.

Прибор состоит из нагрузочного сопротивления, измерительной схемы и блока питания. На лицевой панели прибора расположены окошки световых индикаторов, рукоятки переключателей, позволяющих установить режим работы прибора и регулировать нагрузочное сопротивление, зажимы для подключения испытуемой машинки и кнопка для гашения индикатора. Прибором ПКВИ-3 можно испытывать конденсаторные взрывные машинки, у которых максимальная величина напряжения находится в пределах от 300 до 700 В (при контроле длительности импульса напряжения эти пределы могут быть 100–700 В), а наибольшее номинальное сопротивление 150–440 Ом. Погрешность прибора не превышает 15 %. Размеры прибора $220 \times 132 \times 200$ мм, масса 4,5 кг. Исполнение прибора — рудничное номинальное. Питание от двух гальванических элементов "Сатурн".

Прибор ПКВИ-3М так же как и прибор ПКВИ-3, позволяет проверить, что импульс тока, даваемый взрывным прибором (машинкой) при номинальном сопротивлении его, не меньше $3 \text{ мА}^2 \cdot \text{с}$, ток в конце импульса не меньше 1 А и длительность импульса не превышает 4 мс. Кроме того, он позволяет проверять омметры, встроенные во взрывные приборы. Прибором ПКВИ-3М можно проверить взрывные приборы с номинальным напряжением от 90 до 1200 В, рассчитанные на номинальное сопротивление от 20 до 1000 Ом. При этом погрешность при проверке на величину импульса не превышает +5 %, а при контроле длительности импульса — не более ± 2 %.

Принцип действия приборов ПКВИ-3М и ПКВИ-3 аналогичен, но в приборе ПКВИ-3М применены полупроводниковые приборы (тиристоры, кремневые стабилизаторы и др.) вместо тиратронов. Однако в каче-

стве индикаторов все же использованы два тиратрона с холодным катодом. Если зажигается один из них, в индикаторе появляется надпись "Годеи", а если зажигаются оба тиратрона — "Не годеи".

Глава XII

ХРАНЕНИЕ

И ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ ВЗРЫВЧАТЫХ МАТЕРИАЛОВ

§ 66. Общие правила обращения с взрывчатыми материалами

Все взрывчатые материалы (ВМ) объединяются в три основные группы: взрывчатые вещества (ВВ), средства инициирования (СИ) и прострелочно-взрывные аппараты (ПВА).

По степени опасности обращения с ВМ создан ряд классификаций. Основными принято считать следующие:

по степени опасности обращения при хранении, транспортировании и погрузочно-разгрузочных операциях;

по условиям применения на взрывных работах в народном хозяйстве (см. табл. 30).

Все ВМ принято объединять в группы и обозначать индексами по степени совместимости их при хранении, транспортировании и погрузочно-разгрузочных операциях:

А — первичные (инициирующие) ВВ; *В* — изделия, содержащие инициирующие ВВ; *С* — метательные и другие сгорающие ВВ или изделия, содержащие их; *Д* — детонирующие ВВ, дымный порох или изделия, содержащие детонирующие ВВ, без средств взрывания и метательных зарядов; *Е* — изделия, содержащие детонирующие ВВ без средств инициирования, но с метательными зарядами; *Г* — изделия, содержащие детонирующие ВВ и СИ; *Г* — пиротехнические вещества или изделия из них.

Подклассы конкретных ВВ, СИ и ПВА и группы их совместимости по требованию Госгортехнадзора СССР в обязательном порядке указываются в стандартных и технических условиях на ВМ. Наиболее полно эти показатели приведены в Правилах перевозки взрывчатых материалов автомобильным транспортом.

Согласно Инструкции о порядке хранения, использования и учета все промышленные ВМ объединяются в следующие группы совместимости:

В — капсулы-детонаторы, электродетонаторы (кроме высоковольтных), пиротехнические реле; *С* — пороха и изделия их содержащие, огнепроводный шнур, средства зажигания огнепроводного шнура и пороха, сигнальные и пороховые патроны;

Д — взрывные вещества (порошкообразные, гранулированные, листовые, шнуровые, пластичные и водосодержащие, тротил и его спла-

вы с другими нитросоединениями, гексоген, ТЭН, тетрил, детонирующие шнуры и высоковольтные электродетонаторы;

F — снаряженные ВВ торпеды, прострелочные аппараты и другие изделия, содержащие ВВ и СИ.

При этом допускается хранение огнепроводного шнура, средств его зажигания и пороха совместно с группой *B* и *D*, а детонирующего шнура и высоковольтных детонаторов совместно с группой *B*.

При любых операциях с ВМ следует соблюдать максимальную осторожность: ВМ не должны подвергаться ударам и толчкам; запрещается также толкать, бросать, волочить, перекачивать (кантовать) и ударять ящики (тару) с ВМ.

При работе с ВМ запрещается курить, а также применять открытый огонь ближе 100 м от места расположения ВМ. Запрещается иметь при себе огнестрельное оружие, спички и другие зажигательные, а также курительные принадлежности. Как исключение, спички или иные зажигательные принадлежности разрешается иметь только взрывникам, лаборантам и другим лицам, которые в процессе работы непосредственно зажигают огнепроводный шнур (при огневом взрывании, испытании ОШ и т.д.).

Запрещается выдавать со склада и применять замерзшие или полузамерзшие ВВ с содержанием жидких нитроэфиров выше 15 %, производить какие-либо действия, не связанные с их оттаиванием, а также нарушать целостность и форму патронов — ломать, резать, мять, снимать оболочку, делать углубления для детонаторов и пр.

§ 67. Порядок транспортирования ВМ на склады и к местам производства взрывных работ

ВМ на склады и к местам производства взрывных работ перевозятся средствами автомобильного, железнодорожного и водного транспорта. Выгрузка поступивших с заводов-изготовителей ВМ выполняется в специально отведенных местах. Выгрузку, погрузку и их транспортирование следует осуществлять под наблюдением лиц, имеющих соответствующую сопроводительную документацию и надлежащую охрану.

Большая часть ВМ транспортируется автомобилями. Для перевозки ВМ используются специальные или приспособленные автомобили общего назначения, допущенные Госавтоинспекцией. Каждый автомобиль должен быть обеспечен системой информации, оповещающей об опасности при движении и определяющей мероприятия по ликвидации дорожно-транспортных происшествий. Выбор маршрута транспортирования ВМ осуществляется по согласованию с госавтоинспекцией и должен учитывать следующее:

маршрут по возможности не должен проходить через населенные пункты и вблизи памятников архитектуры;

перевозка ВВ внутри крупных населенных пунктов по возможности не должна осуществляться вблизи зрелищных, культурно-просветительных, учебных, дошкольных и лечебных учреждений;

в маршруте необходимо указывать место попутных стоянок, заправок топливом, а также основные участки дорог.

К управлению транспортными средствами допускаются водители, имеющие стаж непрерывной работы водителем не менее 3 лет, удостоверение на право управления транспортными средствами соответствующей категории, прошедшие специальную подготовку по правилам перевозки ВМ и медицинский контроль.

Перед выпуском в рейс автомобиля, предназначенного для перевозки ВМ заведующий гаражом или технический руководитель обязан сделать в путевом листе следующую запись: "Автомобиль проверен, исправен и пригоден для перевозки взрывчатых материалов". В случае, когда водитель вынужден управлять автомобилем более 12 ч, в рейс направляются два водителя.

При транспортировании ВМ загрузка специально оборудованного автомобиля допускается до полной грузоподъемности. При перевозке электродетонаторов, капсулей-детонаторов и пиротехнических реле нагрузка не должна превышать $2/3$ грузоподъемности автомобиля и не более двух рядов ящиков по высоте.

Ящики с ВМ должны укладываться плашмя, плотно друг к другу, но не выше уровня борта автомобиля и покрываться трудновоспламеняющейся, непромокаемой хорошо натянутой тканью. Перевозка ВВ со складов к месту работы может осуществляться в зарядных машинах, допущенных для перевозки ВВ Госгортехнадзором СССР.

Перевозка ВВ и СИ должна осуществляться отдельно. С разрешения главного инженера или руководителя взрывных работ в отдельных случаях может выполняться совместная перевозка ВВ и СИ к местам работы или с базисных на расходные склады в количествах и условиях, установленных Едиными правилами.

Скорость движения автомобилей при перевозке ВВ на земной поверхности не должна превышать 60 км/ч, если движение осуществляется колонной между входящими в нее автомобилями, устанавливается дистанция на горизонтальном участке не менее 50 м, в гористой местности не менее 300 м.

При перевозке ВВ нельзя останавливаться под линией электропередачи, устраивать остановки для отдыха в населенных пунктах, при грозе транспорт должен быть остановлен на открытом месте на расстоянии не менее 200 м от леса и жилья. Колонна автомобилей останавливается на расстоянии не менее 50 м друг от друга. Люди, кроме охраны, удаляются во время грозы на расстояние не менее 200 м.

По железным дорогам на земной поверхности ВМ перевозятся в крытых вагонах, как целыми поездами, так и отдельными вагонами, а иногда и ручной кладью. При формировании поездов вагоны с ВМ должны размещаться в середине с соблюдением установленных норм

по массе и длине поезда, технического состояния и правильности размещения вагонов в составе. Вагоны с электродетонаторами (кроме высоковольтных) капсюлями-детонаторами и пиротехническими реле необходимо отделять от вагонов с ВВ не менее чем шестью вагонами с неопасным грузом.

Скорость движения вагонов с ВМ при маневрах не должна превышать 10 км. Перекатка вагонов с ВМ вручную не допускается. Загрузка вагонов электродетонаторами (кроме высоковольтных) капсюлями-детонаторами и пиротехническими реле не должна превышать 2/3 грузоподъемности.

В ходе подготовки массовых взрывов, принятые от МПС вагоны с ВВ могут быть разгружены на борту карьера или непосредственно на взрываемом блоке при согласовании с местными органами госгортехнадзора условий их размещения, времени хранения, порядка охраны и условий отпуска и учета ВВ.

Средства водного транспорта, выделяемые для транспортирования ВМ должны быть специально подготовлены для этих целей. Соответствие определяется специальной комиссией. Команда судов должна быть укомплектована персоналом, знающим свойства ВМ и условия их транспортирования. При погрузке и выгрузке ВМ грузоподъемность всех механизмов должна быть не менее номинальной массы брутто груза, все механизмы должны быть оборудованы двумя тормозами. При наличии одного тормоза нагрузка не должна превышать 75 % грузоподъемности механизма.

Перевозка пассажиров и посторонних грузов совместно с ВМ на моторных катерах, газоходах и лодках не допускается. Суда оборудуются молниезащитой.

§ 68. Хранение взрывчатых материалов

Взрывчатые материалы хранят в специальных складах, которые строят в соответствии с требованиями Единых правил безопасности при взрывных работах.

В склад ВМ входят одно или несколько хранилищ ВМ с подсобными сооружениями, расположенными на общей огражденной территории.

Склады ВМ разделяют на поверхностные (основания хранилищ расположены на уровне поверхности земли), полууглубленные (здание хранилищ углублено в землю не более чем на карниз здания), углубленные (толща грунта над хранилищем составляет менее 15 м) и подземные (толща грунта над хранилищем превышает 15 м). В зависимости от срока службы склады разделяют на постоянные — со сроком службы более 3 лет, временные — со сроком службы до 3 лет и кратковременные сроком до 1 года.

По назначению склады делятся на базисные и расходные.

Базисные склады используются исключительно для снабжения ВМ расходных складов. В них запрещается распаковка ВМ для раздачи

их взрывникам. При необходимости производства массовых взрывов разрешается персоналу расходного склада завозить ВМ с базисных складов непосредственно на место работы, минуя расходные склады, с последующим оформлением по книгам учета на расходных складах ВМ. Хранилища базисных складов могут быть поверхностные, полууглубленные и углубленные. На каждом базисном складе должны быть лаборатория и полигон для испытания ВМ.

Общая вместимость базисного склада не ограничивается, а вместимость отдельных хранилищ базисного склада приведена в табл. 41.

Расходные склады применяются для раздачи ВМ. Хранилища расходных складов могут быть поверхностные, полууглубленные, углубленные и подземные.

Предельная вместимость отдельных хранилищ постоянных по-

Таблица 41

Вместимость отдельных хранилищ базисного склада

Группа ВМ	Наименование типов ВВ и СИ	Вместимость отдельного хранилища в зависимости от типа ВВ и СИ, т
<i>В</i>	Капсюли-детонаторы, электродетонаторы и пиротехнические реле (масса брутто)	120
<i>С</i>	Пороха (масса нетто) и изделия их содержащие (масса брутто)	120
<i>С</i>	Огнепроводные шнуры, средства зажигания ОШ, пороха и пороховые патроны	Не ограничено
<i>Д</i>	Взрывчатые вещества с содержанием жидких нитроэфиров более 15 %, нефлегматизированный гексоген, ТЭН и тетрил (масса нетто)	60
<i>Д</i>	Детонирующий шнур, высоковольтные электродетонаторы (масса брутто)	120
<i>Д</i>	Взрывчатые вещества с содержанием жидких нитроэфиров не свыше 15 %, тротил и его сплавы, флегматизированный гексоген, ВВ не содержащие нитроэфиров: порошкообразные, рассыпные, патронированные, листовые, шнуровые, а также пластичные и водосодержащие ВВ и изделия без СИ и метательных зарядов (масса брутто)	240
<i>Д</i>	Рассыпные гранулированные ВВ, допущенные Госгортехнадзором СССР к механизированному растариванию и заряданию	420
	Снаряженные взрывчатыми веществами торпеды, прострелочные аппараты и другие изделия, содержащие ВВ и СИ	120

Примечание. При хранении в одном хранилище ВМ группы *Д*, общая вместимость этого хранилища должна быть принята по вместимости наиболее опасного ВМ.

Таблица 42

Общая вместимость всех хранилищ склада

Тип складов	ВВ, т	Электродетонаторы и капсулы-детонаторы, тыс. шт.	Детонирующий шнур, тыс. м
Постоянный	120	250	100
Временный	75	100	50
Кратковременный	54	75	35

Таблица 43

Параметры размещения различных типов складов

Параметры	Базисный	Постоянный расходный	Временный расходный	Кратковременный расходный
Запретная зона, м	50	50	50	50
Высота ограды, м не менее	2	2	2	1,5
Расстояние от ограды, м, не менее:				
до ближайшей стены хранилища	40	40	40	20
до караульного помещения	50	50	50	15
до места хранения тары	25	25	25	25
Вырубка хвойного леса от ограды на расстоянии, м	50	50	50	Необязательна

верхностных расходных складов ВВ не должна превышать 60 т, а временных складов — 25 т, кратковременных — 18 т.

Общая вместимость всех хранилищ складов приведена в табл. 42.

Постоянные склады (поверхностные и полууглубленные) должны иметь территорию, на которой разрешается располагать следующие здания и сооружения: хранилища ВВ и средств инициирования; помещение для раскупорки ящиков с ВВ; здания и площадки для подготовки аммиачно-селитренных ВВ, а для оттаивания динамитов — только при расходных складах; караульные вышки; будки для сторожевых собак; лаборатории и полигоны; сарай для противопожарных средств; водоемы; проходную будку (при отсутствии караульного помещения). Некоторые параметры размещения складов приведены в табл. 43.

Хранилища ВВ постоянных складов устраивают из негорючих материалов. Стены внутри хранилища должны быть побелены. Полы хранилища делают деревянными, асфальтированными, бетонными или

глино-бетонными. В хранилищах для дымных порохов полы устилают матами.

Окна хранилища должны быть снабжены стальными решетками или сетками, покрытыми светлой краской. В каждом хранилище устраивают не менее одного тамбура для выдачи ВМ. Число входов в хранилище ВМ определяют из расчета, чтобы максимальное расстояние от наиболее удаленной точки хранилища было не более 15 м.

Электрические печи должны находиться в помещениях, отделенных от помещений для хранения ВВ стеной из несгораемых материалов с отверстиями для циркуляции воздуха, закрытыми металлическими сетками. При водяном отоплении ящики и мешки с ВМ располагают не ближе 1 м от радиаторов.

Все постоянные склады ВМ должны иметь рабочее и аварийное освещение. Рабочее освещение территории и хранилищ склада осуществляется лампами накаливания или люминесцентными светильниками и питается от осветительного трансформатора при напряжении до 220 В. Применение дуговых ламп запрещается.

В качестве аварийного освещения для хранилищ склада разрешается применять рудничные аккумуляторные светильники или фонари с сухими батареями.

Применение ручных переносных ламп, питаемых от электросети, во всех помещениях склада запрещается.

В поверхностных складах ВМ (кроме кратковременных) должна быть двусторонняя телефонная, световая или звуковая сигнализация между караульными постами и караульным помещением. Телефоны караульных помещений должны быть включены в ближайший коммутатор, обеспечивающий связь с пожарной охраной, администрацией предприятия и милицией.

Все склады ВМ должны быть обеспечены противопожарным водопроводом или водоемом утепленного типа с удобным подъездом к нему и достаточным числом противопожарных средств (насосов, огнетушителей, бочек с водой, ящиков с песком, лестниц, ведер и пр.).

Каждое хранилище постоянных и временных поверхностных и полуглубленных складов ВМ должно иметь молниезащиту, устройство и содержание которой должны соответствовать требованиям Инструкции по проектированию, устройству и эксплуатации молниезащиты складов ВМ, изложенной в Единых правилах безопасности при взрывных работах.

В отличие от постоянных и расходных складов ВМ, под хранилища временных складов ВМ допускается использовать сараи, землянки и другие помещения. В приспособленных зданиях временных расходных складов могут быть сохранены существующие размеры окон и дверей.

Кратковременные склады ВМ могут устраиваться в нежилых строениях, сараях, землянках, в железнодорожных вагонах, технических судах речного и морского флота, на автомобилях, прицепах, санях, повозках, в палатках, шалашах, пещерах, в контейнерах и на открытых площадках.

§ 69. Учет и выдача ВМ

Разрешения на право хранения ВМ в постоянно действующих складах выдаются сроком до 3 лет и хранятся на складе. Свидетельства и разрешения на приобретение и перевозку ВМ выдаются со сроком действия до 6 мес.

Предприятия обязаны вести учет прихода и расхода ВМ на складах в шнуровых книгах по формам №1 и 2. Доставленные на склад ВМ должны быть немедленно помещены в хранилища и оприходованы на основании отправочных заводских или транспортных документов или наряда-накладной по форме № 3.

Форма № 1

Наименование предприятия (организации), которому принадлежит склад

Книга учета прихода и расхода взрывчатых материалов

на _____ 19 ____ г.

Наименование ВМ _____

Приход ВМ								Расход ВМ						
Число, месяц	Остаток на каждое число	Откуда и по каким документам получено	Дата изготовления	№ партии	№ ящиков, пакетов с ВМ	Приход за сутки	Всего с начала месяца	Число и месяц	Куда и по каким документам отпущено	№ партии	№ ящиков, пакетов с ВМ	Расход за сутки	Всего с начала месяца	Роспись проверяющего склад и замечания
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

Примечание. В расходных складах графа 6 по приходу и графа 12 по расходу не заполняются.

Наименование предприятия (организации), которому принадлежит склад

Книга учета выдачи и возврата взрывчатых материалов

на _____ 19 ____ г.

Дата выдачи	Фамилия взрывника (мастера-взрывника)	Дата, № наряд-путевки	Наименование выдаваемых ВМ и номер партии	Единица измерения	Количество выданных ВМ	Роспись взрывника (мастера-взрывника) в получении ВМ	Количество израсходо- ванных ВМ	Количество возвращен- ных ВМ	Роспись раздатчика (за- ведующего складом) в получении ВМ	Роспись взрывника (мастера-взрывника) в сдаче ВМ
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

Книга учета прихода и расхода взрывчатых материалов составляется по форме № 1, она должна быть пронумерована, прошнурована сургучной печатью или пломбой непосредственно контролирующей организацией (Госгортехнадзора СССР, горнотехнической инспекции министерства, ведомства). Книга ведется заведующим складом и предназначена для количественного учета ВМ на базисных и расходных складах.

Для каждого вида ВМ в книге открываются отдельные счета, причем для каждого счета оставляется необходимое число листов с учетом числа ежедневных записей и периода, на который рассчитана книга. Остаток по каждому виду ВМ подсчитывается на конец суток.

Книга учета выдачи и возврата взрывчатых материалов, составленная по форме № 2, должна быть пронумерована, прошнурована и скреплена сургучной печатью или пломбой непосредственно контролирующей организации (Госгортехнадзора СССР, горнотехнической инспекции министерства, ведомства).

Книга предназначена для расходных складов и ведется заведующим и раздатчиками складов. В конце суток подсчитывается, сколько и какого вида ВМ израсходовано за сутки, и под чертой записывается их расход (отпущенные за вычетом возвращенных). Введенное в форме № 2 количество израсходованных за сутки ВМ записывается ежедневно в книгу учета прихода и расхода ВМ по форме № 1.

Наряд-накладная составляется по форме № 3 и используется для

Наименование предприятия (организации)

Наряд-накладная № _____

Складу ВМ _____

Отпустить для _____

Через товарища _____ Рабочий № _____

Дата отпуска _____

Наименование ВМ	Единица измерения	Затребовано количество	Отпущено				
			количество	завод-изготовитель	дата изготовления	№ партии	№ ящиков, мешков и т.п.
1	2	3	4	5	6	7	8

Примечание. При отпуске ВМ с расходного склада графа 8 не заполняется.

Руководитель предприятия _____

Главный бухгалтер _____

Отпустил _____

(фамилия, подпись)

Получил _____

(фамилия, подпись)

отпуска ВМ с одного склада на другой. Наряд-накладная выписывается бухгалтерией предприятия, в ведении которого находится склад, в четырех экземплярах, которые подписываются руководителем (главным инженером) и главным (старшим) бухгалтером предприятия и регистрируются в специальной книге бухгалтерии с указанием порядкового номера, даты выдачи и наименования получателя.

Выписанные бухгалтерией наряды-накладные выдаются получателю для предъявления на склад вместе с доверенностью на получение ВМ. Заведующий складом, отпустив ВМ, один экземпляр наряда-накладной

Предприятие _____ участок _____ смена _____

Наряд-путевка № _____

на производство взрывных работ " " 19 __ г.

взрывнику (мастеру-взрывнику) _____, рабочий _____
(фамилия, инициалы)

Место работы (наименование выработок)	Подлежит взрыванию			Выписано									Выдано								
	Число шпуров (скважин или др.) , шт.	Длина шпура (скважины), м	Масса заряда на один шпур (скважину) , кг	ВВ по типам, кг			Электродетонаторов по замедлениям, шт.			Капсюлей-детонаторов, шт.	Огнепроводного шнура, м	Детонирующего шнура, м	ВВ по типам, кг		Электродетонаторов по замедлениям, шт.	Капсюлей-детонаторов, шт.	Огнепроводного шнура, м	Детонирующего шнура, м			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22

Всего выписано

Всего выдано

Начальник участка, или его помощник, начальник смены или технический руководитель или руководитель БВР

Начальник ВТБ* или его заместитель _____

ВМ выдал _____
(заведующий складом, или раздатчик)

Дата выдачи _____

ВМ получил _____
(мастер-взрывник) взрывник

Взрывные работы разрешаю (наименование объекта) _____

*Только для шахт, опасных по газу или пыли

хранит на складе, другой экземпляр выдает получателю как сопроводительный документ, а два экземпляра с доверенностью получателя передает в бухгалтерию. Один из них оставляется при бухгалтерской проводке для списания ВМ со склада, а другой со счетом направляется получателю.

При централизованной доставке ВМ с базисных складов на расходные до окончательного оформления отпуска ВМ по наряду-накладной доставщик, получающий ВМ для развозки по расходным складам, и заведующий складом, выдавший ВМ, расписываются в получении и выдаче ВМ с базисного склада в книге произвольной формы.

Наряд-путевка на производство взрывных работ составляется по форме № 4, служит для отпуска ВМ взрывникам (мастерам-взрывникам) и подписывается начальником участка, или его помощником или начальником смены (техническим руководителем взрывных работ).

При выполнении взрывных работ двумя и более взрывниками наряд-путевка выписывается на старшего взрывника (мастера-взрывника). По окончании рабочей смены взрывник (мастер-взрывник) в наряде-путевке своей подписью подтверждает фактический расход ВМ по назначению. Мастера-взрывники (взрывники) должны отчитаться в израсходовании ВМ и при наличии остатков сдать их на склад. ВМ не выдаются взрывникам, не отчитавшимся в израсходовании ранее полученных.

Наряд-путевка служит основанием для записи выдачи ВМ на складе в Книгу учета, выдачи и возврата взрывчатых материалов (форма № 2), а заполненная после окончания работы наряд-путевка является основанием для списания ВМ по Книге учета прихода и расхода взрывчатых материалов (форма № 1) при условии, что взрывники по окончании работ отчитались в израсходовании ВМ и сдали остатки их на склад.

Учет и отчетность по приобретению, изготовлению и расходованию ВМ, используемых на учебных, научно-исследовательских и других аналогичных работах, производят в порядке, установленном ведомственными инструкциями, согласованными с органами Госгортехнадзора.

В приходно-расходных документах и книгах учета ВМ не допускаются записи карандашом, помарки и подчистки записей, а всякого рода исправления выполняются путем представления новых цифр. Каждая поправка оговаривается в конце данного листа и подписывается лицом, внесшим поправку.

На складах должны быть образцы подписей лиц, имеющих право подписывать наряд-накладную и наряд-путевку на ВМ. Подписи должны быть заверены руководителем предприятия. Отпуск ВМ по указанным документам, подписанным другими лицами, запрещается.

ВМ со склада выдаются только в строгом соответствии с предъявленными накладными или нарядами-путевками (формы № 3 и 4), а также при условии, чтобы партии соответствующих видов ВМ расходовались в порядке поступления их на склад в соответствии с гарантийным сроком.

Место работы (наименование выработок)	Взорвано		Израсходовано										Подпись руководи- теля взрывных работ в данной смене, подтверж- дающего расход ВВ
	Число шпуров (сква- жин)	Длина шпура (сква- жина)	Масса заряда, кг	ВВ по типам, кг			электродетонаторов по замедлениям, кг			капсю- лей-де- тонато- ров, шт.	огне- про- водно- го шну- ра, м	детони- рующе- го шну- ра, м	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14

Всего израсходовано _____

Всего возвращено _____

Остаток ВМ возвратил _____

(мастер-взрывник, взрывник)

Дата _____

Остаток ВМ принял _____

(заведующий складом, или раздатчик)

Фамилия лица надзора — руководителя взрывных работ в данной смене _____

Фамилии рабочих, привлекаемых к доставке ВМ _____

Примечание: 1. При необходимости предприятия могут вносить в форму наряда-путевки изменения, согласованные с органи-
ми Госгортехнадзора. 2. При изменении горно-геологических или других условий в забое разрешается выписывать меньшее коли-
чество ВМ, чем предусмотрено паспортом БВР, получать меньшее количество ВВ, чем указано в наряде-путевке, а также умень-
шать заряды в шпурах с учетом фактического положения.

Взрывник (мастер-взрывник) несет ответственность: за обеспечение постоянного надзора за полученными им ВМ (не допускается передача ВМ другим лицам, потери, самовольное уничтожение или оставление ВМ в выработках или на поверхности, а также использование ВМ не по назначению); за своевременную сдачу на склад остатка неиспользованных ВМ в конце работы и за правильное показание и подтверждение расхода их в наряде-путевке; за соблюдение правил транспортирования ВМ от склада до места работ и обратно.

§ 70. Уничтожение взрывчатых материалов

Пришедшие в негодность и не отвечающие требованиям технических условий или ГОСТов ВМ подлежат уничтожению. Их уничтожают по письменному распоряжению главного инженера, технического руководителя предприятия или руководителя взрывных работ. Руководит уничтожением ВМ заведующий складом или руководитель взрывных работ. О каждом таком уничтожении ВМ составляется акт с указанием количества и наименований уничтоженных ВМ, причин и способов уничтожения. Акт составляется в двух экземплярах, которые предназначаются: складу ВМ; бухгалтерии предприятия.

Способ уничтожения конкретных ВВ принимается на основании актов их испытания, руководствуясь требованиями ведомственных инструкций и Единых правил безопасности при взрывных работах.

Перевозка ВМ со складов хранения к месту уничтожения осуществляется специальным видом транспорта при обязательном сопровождении ответственных лиц, имеющих право руководства взрывными работами и вооруженной охраной.

При хранении ВМ на специально оборудованных автомобилях, повозках или санях транспортные средства располагаются от места уничтожения ВМ не ближе 300 м. СИ при этом находятся в отдельном месте.

Уничтожение ВМ может производиться на стационарных полигонах при базисных и расходных складах ВМ для организаций с постоянным районом работ и на специально оборудованных площадках для геологических, мелиоративных и других организаций, не имеющих постоянного района работ. Типовая схема полигона (площадки) показана на рис. 67. Полигон оборудуется по проекту, утвержденному главным инженером предприятия и принимается той же комиссией, которая принимала склад ВМ.

Проект полигона для уничтожения ВМ должен содержать следующие сведения и документы: указание о месте уничтожения ВМ; размеры полигона и площадки для уничтожения ВМ; расчет радиуса опасных зон для людей и механизмов; место укрытия рабочих и взрывников; тип светильников для установки их в укрытии; перечень противопожарных средств и их количество; топографический план местности с обозначением границ опасной зоны, площадок для уничтожения ВМ, разме-

Рис. 67. Схема полигона для уничтожения ВМ:

1 — двухстворчатые ворота; 2 и 3 — место кратковременного хранения соответственно СИ и ВВ; 4 — защитный вал; 5 — укрытие для людей; 6 — предупредительные знаки; 7 — место складирования тары; 8 — противопожарный пункт; 9 — место уничтожения ВМ сжиганием и взрыванием с броней; 10 — другие помещения для уничтожения ВМ; 11 — сигнальная мачта; 12 — укрытие для взрывников; 13 — ограда полигона; 14 — противопожарная зона; 15 — место стоянки авто-транспорта

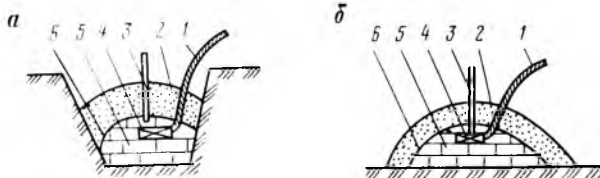
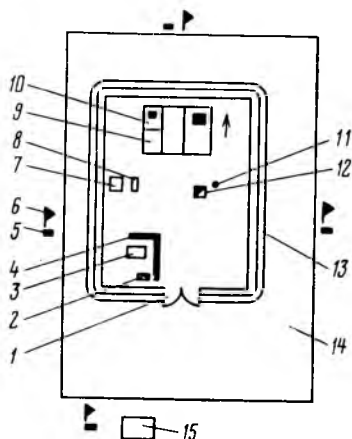


Рис. 68. Схема размещения ВВ при его уничтожении взрыванием в ямах (а) и на открытых площадках (б):

1 — провод (шнур); 2 — забойка (мелкий песок); 3 — вешка; 4 — патрон-боевик; 5 — пакки ВВ (порошок ВВ); 6 — плотная бумага

ров противопожарной зоны, укрытия для взрывников, стоянки авто-транспорта с ВМ, противопожарные средства и ограждения; чертежи на укрытие, сигнализацию, освещение, ограждение, ямы для уничтожения ВМ, площадки для хранения ВМ, а также схемы укладки ВМ для уничтожения.

Полигон должен быть обнесен оградой из колючей проволоки высотой до 2 м. Вокруг полигона по периметру через 50 м устанавливаются предупредительные знаки с надписью "Проход и проезд запрещен", "Опасно — взрыв!".

Размещение рассыпных и патронированных ВВ для уничтожения их в ямах и на открытой площадке показано на рис. 68.

Освободившаяся тара должна быть тщательно очищена от остатков ВВ и непригодные к дальнейшему использованию ящики, коробки и бумага сжигаются отдельно от ВВ.

Глава XIII

ОСНОВЫ ТЕОРИИ ДЕЙСТВИЯ ВЗРЫВА В СРЕДЕ
И ПРИНЦИП РАСЧЕТА ЗАРЯДОВ

§ 71. Основные понятия, связанные с изучением действия взрыва в среде

Зарядом называют определенное количество ВВ, подготовленное к взрыву. Величина заряда выражается обычно в килограммах или тоннах.

В зависимости от способа приложения заряда к взрываемому объекту различают заряды наружные и внутренние.

Наружным или накладным называют заряд, приложенный к поверхности разрушаемого объекта. В горном деле наружные заряды применяют для дробления негабаритных и нависших кусков пород или мерзлых грунтов в экскаваторных забоях.

Внутренним называют заряд, расположенный во взрываемом объекте. Пространство, предназначенное для размещения заряда внутри объекта, называется зарядной полостью. Внутренние заряды наиболее широко применяют в горнодобывающей и строительной отраслях промышленности.

Внутренние заряды делятся: по форме — на сосредоточенные и удлиненные; по конструкции — сплошные и рассредоточенные; по характеру взрыва — заряды камуфлета, рыхления и выброса.

Сосредоточенным называют заряд, у которого отношение ширины к высоте составляет не более 1 : 4; удлиненным называют заряд, у которого отношение ширины к высоте составляет более 1 : 4, сплошным — заряд, не разделенный на части промежутками; рассредоточенным — заряд, отдельные части которого разделены промежутками воздуха, породы, воды и т.п.

Зарядом камуфлета называют заряд, действие которого не проявляется на поверхности и ограничивается образованием подземной полости вследствие уплотнения и измельчения окружающей среды (рис. 69, а); заряд рыхления — заряд, в результате действия которого грунт не выбрасывается и наружное действие заряда ограничивается рыхлением (радиус воронки меньше л.н.с) (рис. 69, б); заряд выброса — это заряд, при взрыве которого проявляется наружное действие с образованием видимой воронки взрыва (радиус воронки равен или больше л.н.с) (рис. 69, в).

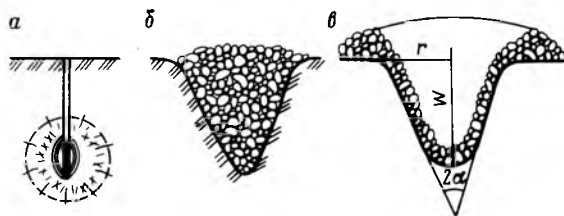


Рис. 69. Характер действия взрыва зарядов

Различают следующие элементы воронки взрыва: W — глубина заложения сосредоточенного заряда или линия л.н.с. — кратчайшее расстояние от центра сосредоточенного или оси удлиненного зарядов до открытой поверхности;

α — угол раствора воронки взрыва; R — радиус действия взрыва заряда; r — радиус воронки взрыва; $n = r / (W \operatorname{tg} \alpha)$ — показатель действия взрыва (α — половина угла раствора воронки).

В зависимости от величины показателя действия взрыва различают три разновидности зарядов выброса: нормальный при $n = 1$, усиленный при $n > 1$ и уменьшенного выброса при $n < 1$.

На карьерах при дроблении пород наибольшее распространение получили удлиненные скважинные заряды.

§ 72. Действие взрыва одиночного заряда на окружающую среду

При взрывных работах одиночные заряды применяют очень редко. Однако для изучения взрыва любой системы зарядов случай одиночного взрыва берется за основу.

Поведение горного массива при взрыве в нем одиночного заряда сводится к следующему. После детонации заряда в зарядной камере скачкообразно повышается давление до нескольких десятков и даже сотен тысяч атмосфер. Так как линейные размеры заряда по отношению к линейным размерам массива, подлежащего разрушению, обычно невелики, а скорость детонации составляет несколько тысяч метров в секунду, можно практически считать, что заряд детонирует мгновенно, т.е. в камере мгновенно возникает давление, величина которого приближенно может быть вычислена по формуле

$$p_0 = k \Delta D^2 / 8,$$

где p_0 — максимальное давление в скважине, Па; k — коэффициент, учитывающий размерность величин в различных системах единиц; Δ — плотность заряжения, г/см³; D — скорость детонации, м/с.

Продукты взрыва, действуя на стенки зарядной камеры, вызывают в массиве нестационарную волну напряжений, распространяющуюся со скоростью, определяемой механическими свойствами среды. В началь-

ный период времени возникающая от действия взрыва волна напряжений распространяется во все стороны окружающего массива.

Если попытаться разложить волны напряжений на главные напряжения, то оказывается, что в результате давления газообразных продуктов взрыва в радиальном направлении возникают большие сжимающие напряжения, а в тангенциальном — растягивающие. Так как твердые тела, и горные породы в частности, хорошо сопротивляются сжатию и легко разрушаются при растяжении, в рассматриваемом слое могут произойти радиальные разрушения, вызванные действием растягивающих напряжений. Когда вызванная взрывом волна напряжений достигает поверхности, частицы среды получают возможность свободно смещаться в сторону открытой поверхности.

Свободное смещение, начинающееся на открытой поверхности, протекает с постепенным вовлечением в движение все более удаленных от открытой поверхности частиц среды, которые, смещаясь до этого в радиальных направлениях, меняют свой вектор скорости. Процесс движения частиц среды в сторону открытой поверхности, начавшийся у поверхности и распространяющийся в направлении к заряду, называется отраженной волной напряжений в отличие от начальной — падающей волны.

Складываясь с напряжением падающей волны, напряжения в отраженной волне уменьшают действия первых, при этом растягивающие напряжения в отраженной волне могут настолько превысить сжимающие в хвостовой части падающей волны, что у открытой поверхности происходят разрушения, не связанные с разрушениями, распространяющимися от заряда.

Когда давление продуктов взрыва уменьшается, среда вследствие приобретенного запаса упругой энергии начинает возвращаться в исходное положение, причем это возвращение распространяется от заряда в глубь массива. При таком напряженном состоянии в массиве вокруг заряда могут возникнуть концентрические трещины. Такой механизм разрушения имеет место только в абсолютно однородной хрупкой среде и в сторону открытой поверхности. В сторону массива все три системы трещин более ограничены. Это можно объяснить следующим образом. Согласно теории прочности материалов, для хрупких тел разрушение наступает в том случае, когда относительная деформация превышает допустимую деформацию для данного вида материалов.

Для разрушения тела достаточно, чтобы удовлетворялось условие $\epsilon > \epsilon_p$, где ϵ — относительная деформация материалов от действия взрывной нагрузки; ϵ_p — максимально возможная относительная деформация для данного материала.

Относительная деформация тела

$$\epsilon = \Delta L_1 / L_1,$$

где ΔL_1 — абсолютное перемещение стенок полости в заданный момент

времени Δt_1 , м; $L_2 = c\Delta t_1$ — длина массива (м) напряженного действия взрывной нагрузки в направлении от заряда в сторону перемещения ΔL_1 в принятый момент Δt_1 ; c — скорость распространения волны напряжения в массиве, м/с.

Если ΔL_1 направлено в сторону л.н.с., то $L_1 = W = \text{const}$ и это приводит к тому, что в сторону л.н.с. относительные деформации увеличиваются.

Совсем другая картина разрушения наблюдается при распространении волны напряжений в сторону массива. В этом случае в уравнении числитель увеличивается медленно, а знаменатель очень быстро, так как $L_1 = c\Delta t_2$, что приводит к небольшим относительным деформациям. Этим положением и объясняется то, что в сторону л.н.с. разрушения начинаются раньше и более интенсивно развиваются. Схема разрушений в среде от действия взрыва одиночного заряда вблизи открытой поверхности показана на рис. 70.

Качественный анализ показывает, что при взрыве одиночного заряда в массиве в результате действия газообразных продуктов взрыва в зарядной камере возникает сложная волна напряжений, при распространении которой возможны следующие системы разрушений: образование радиальных трещин, вызванных действием растягивающих напряжений в падающей волне и распространяющихся от заряда в глубь массива; разрушения у открытой поверхности, вызванные действием отраженной волны напряжений и распространяющиеся в сторону заряда; разрушения концентрическими трещинами вокруг заряда, вызванные обратным движением среды в сторону заряда.

Соотношение между объемами разрушений различными системами трещин зависит от многих факторов, обеспечивающих в одних случаях интенсивное дробление, в других — неразрушение стенки выработки или борта карьера. Для интенсификации дробления необходимо во всех участках массива вызвать развитие трещин всех трех систем, что возможно только при управлении механизмом разрушения горных пород действием взрыва.

Считается, что механизм разрушения горных пород действием взрыва зависит от их физико-механических свойств. На этом основании горные породы делятся на три группы. К первой группе относятся крепкие породы с высокой акустической жесткостью. Разрушаются они в основном в результате действия отраженных от открытой поверхности волн. Ко второй группе относятся породы средней крепости и трещиноватые, которые разрушаются от действия прямых и отраженных волн; к третьей группе — слабые породы, разрушаемые главным образом под непосредственным воздействием газов на стенки зарядной камеры.

Более поздние исследования показали, что механизм разрушения горных пород действием взрыва зависит не только от физико-механических свойств пород, но и от величины взрывного импульса.

Взрывным импульсом называют изменения с течением времени давления газообразных продуктов взрыва на стенки зарядной камеры.

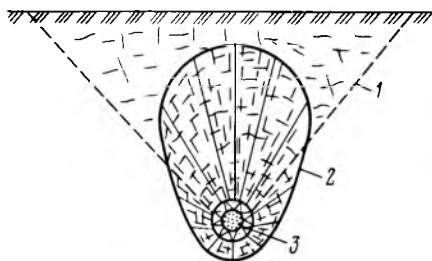


Рис. 70. Схема разрушения массива при взрыве одиночного заряда вблизи открытой поверхности:

1 — воронка выброса; 2 — зона интенсивного разрушения; 3 — заряд ВВ

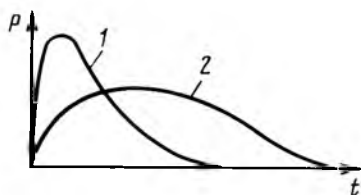


Рис. 71. Взрывные импульсы одинаковой величины с разными начальными характеристиками

Рассмотрим случай, когда на стенки зарядной камеры приложены два импульса одинаковой величины, т.е. когда их площади равны (рис. 71). В первом случае приложен импульс с высоким пиковым давлением 1, во втором с более низким давлением, но более продолжительным периодом приложения взрывной нагрузки 2 (см. рис. 71).

Исследования показывают, что при приложении таких импульсов к среде с одинаковыми физико-механическими свойствами механизм разрушения и интенсивность дробления различны. В первом случае имеют место небольшое число радиальных трещин, во втором массив покрывается радиальными трещинами и трещинами, вызванными действием отраженных волн. Это свидетельствует о том, что путем изменения формы импульса можно изменить и интенсивность разрушения горных пород взрывом.

Более интенсивное разрушение горных пород происходит в том случае, когда действие взрывного импульса на среду при номинальном пиковом давлении более продолжительное. Продолжительность действия взрывного импульса на среду зависит от свойств ВВ, диаметра, высоты и конструкции заряда, способов и условий взрывания и других параметров. Эти параметры при ведении взрывных работ можно изменять, что приводит к изменению формы взрывного импульса и дает возможность управлять механизмом и интенсивностью дробления горных пород взрывом.

Исходя из того что интенсивность дробления зависит от продолжительности действия взрыва на массив, можно сформулировать основные направления совершенствования взрывных работ на карьерах. Их можно разделить на четыре группы: совершенствование типов ВВ путем увеличения зоны химической реакции; совершенствование конструкции заряда в результате применения комбинированных зарядов с внутрискважинным замедлением и воздушных промежутков, обеспечивающих запирание газов основного заряда; совершенствование параметров взрывных работ, таких, как диаметр заряда, высота уступа, сетка скважин;

применение короткозамедленного способа и условий взрывания зарядов в зажатой среде, обеспечивающих увеличение периода действия взрыва на массив.

§ 73. Принципы расчета сосредоточенных и удлиненных зарядов

Сущность применяемых в настоящее время методов расчета зарядов заключается в определении расчетного расхода ВВ на 1 м^3 взрываемого материала и определении расчетного объема разрушения при взрыве. Расчетный удельный расход ВВ зависит от физико-механических свойств горных пород, методов взрывных работ (шпуровые, скважинные или камерные заряды) и цели взрыва (взрывы на дробление, на выброс, на простреливание). Значение удельных расходов ВВ принимают на основе обобщения данных практики с последующим уточнением для каждого карьера по результатам анализа выполненных ранее массовых взрывов. В дальнейшем для карьера составляют классификацию горных пород по их взрываемости с рекомендуемым удельным расходом ВВ для каждой категории пород.

В общем виде принцип расчета сосредоточенных и удлиненных зарядов рыхления (дробления) и выброса сводятся к следующему.

Сосредоточенные заряды рыхления. Основные расчеты ведутся из предположения, что при взрыве образуется нормальная воронка с углом раствора, равным 90° .

Объем такой воронки, равный объему конуса, определяется по формуле

$$V = \pi r^2 W/3.$$

Если учесть, что при нормальной воронке выброса показатель взрыва $n = 1$, то $r = W$. Приняв $\pi \approx 3$, получим формулу объема воронки выброса

$$V = 3W^2 W/3 \approx W^3.$$

Расчетная формула для определения массы сосредоточенного заряда принимает вид

$$Q_n = q_n W^3,$$

где q_n — расчетный удельный расход ВВ для воронки нормального выброса для данных пород, кг/м^3 .

Эту величину удельного расхода ВВ принимают за стандарт, характеризующий взрываемость пород. Опытными работами установлено, что величина удельного расхода зависит от показателя действия взрыва. Это обстоятельство учитывается введением в расчетную формулу так называемой функции показателя действия взрыва $f(n)$, которая учитывает изменение расчетного удельного расхода ВВ при данном показателе действия взрыва по сравнению со стандартным (при $n = 1$).

Тогда формула расчета заряда принимает вид

$$Q = f(n) q_n W^2.$$

Опытами Союзвзрывпрома установлено, что для зарядов рыхления численное значение функции показателя действия взрыва равно 0,33, т.е. расчетная формула для определения сосредоточенного заряда рыхления имеет вид

$$Q_p = 0,33 q_n W^3.$$

Сосредоточенные заряды выброса рассчитывают по формуле М.М. Борескова

$$Q = (0,4 + 0,6n^3) q_n W^3,$$

где $f(n) = 0,4 + 0,6n^3$ — функция показателя действия взрыва, найденная М.М. Боресковым:

n	1,0	1,25	1,50	1,75	2,0	2,25	2,5	2,75	3,0
$f(n)$	1,0	1,57	2,43	3,62	5,2	5,3	9,78	12,88	16,6

Наиболее часто при взрывании на выброс значения показателя действия взрыва принимают в пределах $1,5 \div 2$.

При $W > 25$ м формула М.М. Борескова дает заниженные результаты. Для этих условий Г.И. Покровским и Союзвзрывпромом введен поправочный коэффициент $\sqrt{W/25}$. Тогда расчетная формула имеет вид

$$Q = (0,4 + 0,6n^3) q_n \sqrt{\frac{W}{25}} W^3.$$

Введение такого коэффициента объясняется необходимостью придать массе грунта скорость, достаточную для выброса его из пределов воронки взрыва. Для этого необходимо поднять центр тяжести грунта в воронке выброса на высоту

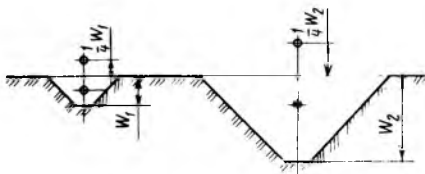
$$H = \frac{1}{3} W + \frac{1}{4} W = \frac{1}{12} W,$$

где $1/3W$ — расстояние центра тяжести воронки от открытой поверхности, м; $1/4W$ — необходимая высота подъема центра тяжести над открытой поверхностью, м.

С увеличением величины л.н.с. с W_1 до W_2 скорость выброса грунта должна увеличиваться, чтобы обеспечить подъем центра тяжести выбрасываемого грунта на большую высоту при больших значениях (рис. 72).

Удлиненные заряды рыхления. Так как действие взрыва таких зарядов подчиняется тем же закономерностям, что и сосредоточенных, а воронка взрыва удлиненного заряда в поперечном сечении имеет ту же форму, что и при сосредоточенном, то при взрывании серии удлиненных зарядов рыхления объем породы, разрушаемой одним зарядом,

Рис. 72. Схема, поясняющая введение поправки Г.И. Покровского и формулу М.М. Борескова на глубину заложения заряда



определяется по формуле

$$V = WaH,$$

где W — линия сопротивления по подошве (с.п.п.), м; a — расстояние между смежными удлиненными зарядами, м; H — высота уступа, м.

Расчетная формула для определения массы заряда в скважине принимает вид

$$Q = qWaH,$$

где q — фактический удельный расход ВВ, устанавливаемый опытным путем, кг/м³.

Глава XIV

СПОСОБЫ ВЗРЫВАНИЯ ЗАРЯДОВ

§ 74. Классификация способов взрывания зарядов

Способы взрывания зарядов характеризуются двумя признаками: средствами инициирования зарядов и последовательностью взрывания отдельных зарядов.

Детонация заряда ВВ в скважине возбуждается от капсюля-детонатора, ЭД и ДШ. В свою очередь, детонация средств инициирования происходит в капсюлях-детонаторах от искры горячей пороховой сердцевинки огнестойкого шнура; в электродетонаторах — от электрического тока, нагревающего мостик накаливания электровоспламенителя; в детонирующих шнурах — от взрыва капсюля-детонатора или электродетонатора.

В зависимости от средств взрывания различают три способа взрывания зарядов ВВ: огневой, электрический, с помощью детонирующего шнура. Два первых способа взрывания являются основными, так как каждый из них может применяться самостоятельно. Взрывание зарядов детонирующим шнуром выполняется совместно с любым из основных способов.

Для ведения взрывных работ часто применяется так называемое электроогневое взрывание — сочетание огневого и электрического

способов взрывания. При электроогневом взрывании заряды ВВ детонируют взрывом капсуля-детонатора, а воспламенение огнепроводного шнура — посредством вспышки (от электрического тока) пороховой лепешки.

По времени взрывания отдельных зарядов (или групп зарядов) различают мгновенное, короткозамедленное и замедленное взрывание.

Мгновенным называют взрывание, при котором соседние заряды инициируют одновременно или с нерегулируемым разбросом, зависящим от времени срабатывания электродетонаторов мгновенного действия; короткозамедленным — взрывание, при котором отдельные заряды или группы зарядов взрывают с определенными интервалами, равными 10 — 75 мс; замедленным — такой способ взрывания зарядов в одной группе или нескольких групп или рядов зарядов, при котором интервалы замедлений принимаются равными 0,5 — 10 с.

Мгновенное взрывание может быть выполнено при помощи ДШ или электродетонаторов мгновенного действия. Иногда этот способ может быть использован для взрывания отдельных групп зарядов при короткозамедленном или замедленном взрывании.

Короткозамедленное взрывание может быть выполнено при помощи электродетонаторов ЭД-КЗ и пиротехнических детонационных реле. Короткозамедленное взрывание ввиду его значительных преимуществ перед мгновенным широко применяют на карьерах.

Замедленное взрывание выполняется при помощи электродетонаторов замедленного действия. Этот способ взрывания зарядов на карьерах практического применения не получил.

§ 75. Огневое взрывание

Огневое взрывание зарядов на карьерах применяют для дробления негабаритных блоков.

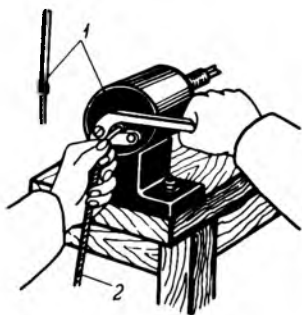
Достоинства огневого способа взрывания: простота выполнения, связанная с отсутствием взрывных магистралей, источников тока, контрольно-измерительной аппаратуры и расчетов взрывной сети; небольшая стоимость средств инициирования.

Недостатки: нельзя одновременно взрывать большое число зарядов; значительная опасность для взрывника при зажигании на месте работы; невозможность проверки какими-либо приборами качества подготовки зарядов к взрыву; низкая производительность труда.

При огневом взрывании применяют капсули-детонаторы, ОШ и средства его зажигания. Кроме того, в качестве инструментов применяют складной нож для резания ОШ и деревянный стержень с медной насадкой длиной 100 — 120 мм и диаметром, несколько большим диаметра детонатора, для образования углублений в патроне ВВ и размещения в нем зажигательной трубки.

Рис. 73. Прибор для безопасного обжатия капсюля-детонатора:

1 — обжимка; 2 — отрезок ДШ



Для инициирования зарядов ВВ при огневом взрывании используется зажигательная трубка, которая состоит из капсюля-детонатора и соединенного с ним отрезка ОШ (см. рис. 47). При изготовлении зажигательной трубки необходимо, чтобы конец ОШ, который вводится в детонатор, имел нормальный к осевой линии срез. Противоположный конец ОШ срезается наискось. В первом случае это делается для получения более полного и плотного соприкосновения конца шнура с чашечкой детонатора, во втором — для облегчения зажигания. Длина ОШ зажигательных трубок для одного забоя должна быть одинаковой, но не менее 1 м. Для прочного закрепления ОШ с детонатором дульце металлического капсюля-детонатора обжимается щипцами-обжимками или специальным прибором, имеющим предохранительную камеру (рис. 73). Для скрепления детонатора с бумажной гильзой со шнуром применяется изоляционная прорезиненная лента.

При изготовлении патронов-боевиков (патрон ВВ с детонатором) патрон ВВ разминают руками и с одного из торцов его разворачивают бумажную оболочку и в нем делают углубление, в которое помещают капсюль-детонатор зажигательной трубки. После введения капсюля-детонатора зажигательной трубки в патрон ВВ развернутую обертку собирают вокруг огнепроводного шнура и обвязывают шпагатом. Изготовленный патрон-боевик осторожно, без толчков и ударов, вводится в шпур.

При взрывании негабаритных блоков на карьерах патроны-боевики не изготавливают. Зажигательную трубку помещают в шпур, куда засыпают ВВ и сверху помещают забойку.

Зажигательную трубку разрешается зажигать только тлеющим фитилем, отрезком ОШ или зажигательным патрончиком. Одиночный заряд можно зажигать спичкой. Рациональный способ зажигания воспламеняемых трубок при их близком расположении заключается в применении зажигательных патрончиков.

Меры безопасности при огневом взрывании. Для предохранения от преждевременного взрыва при огневом взрывании применяют контрольные трубки. Контрольная трубка — такая же, как и зажигательная, но имеющая длину ОШ на 60 см короче и капсюль-детонатор в

бумажной гильзе. Контрольную трубку помещают на безопасном расстоянии от места взрыва, поджигают первой. Ее взрыв предупреждает взрывника о необходимости удаления в безопасное место.

§ 76. Электрическое взрывание

Электрическое взрывание, являющееся одним из основных для открытых горных работ, обеспечивает безопасность взрывника, так как во время подключения ЭД к цепи и в момент взрыва он находится на безопасном расстоянии. Однако этот способ взрывания имеет ряд недостатков, которые ограничивают его применение на карьерах: сложность выполнения и необходимость расчета электровзрывной сети; при проведении крупных массовых взрывов ограничено число ступеней замедления в электродетонаторах ЭД-КЗ; опасность в отношении блуждающих токов; высокая стоимость средств инициирования.

При электрическом взрывании применяют ЭД, проводники электрического тока, источники тока и контрольно-измерительные приборы. В зависимости от применяемых ЭД при электрическом взрывании может быть получено мгновенное, короткозамедленное и замедленное взрывание соседних зарядов.

Для обеспечения безопасности при электрическом взрывании должны быть соблюдены следующие условия: ток, проходящий через ЭД, должен быть не менее гарантийного; импульс тока, поступающего во взрывную сеть, должен быть не менее импульса воспламенения чувствительного детонатора; токи, проходящие через различные ЭД, должны иметь одинаковые или близкие значения сопротивления; ЭД должны быть проверены на проводимость и подобраны по сопротивлениям; электрическая сеть должна быть правильно рассчитана, смонтирована и проверена.

§ 77. Краткие сведения по теории электродетонаторов

Действие электродетонаторов накаливания базируется на нагревании электрическим током мостика накаливания. При пропускании тока мостик накаливается и передает тепло расположенной вокруг него воспламенительной головке. Горение головки протекает по концентрическим слоям. Через некоторое время горения выходит на поверхность головки, воздействует на инициирующий состав и вызывает взрыв детонатора.

Общее время, протекающее с момента включения тока до момента взрыва ЭД, называется временем реакции и выражается в миллисекундах (мс). В соответствии с происходящими за это время процессами время реакции делится на время воспламенения и время передачи. Время воспламенения — время от включения до начала горения головки, а время передачи — период от начала горения головки до момента взрыва ЭД.

При прохождении тока по мостику, согласно закону Джоуля — Ленца, выделяется следующее количество тепла

$$Q = 0,241 I^2 R t,$$

где I — ток в мостике, А; R — сопротивление ЭД, Ом; t — длительность прохождения тока, с.

Сопротивление ЭД

$$R = \rho \frac{l}{S} = \rho \frac{4l}{\pi D^2},$$

где ρ — удельное сопротивление материала мостика, Ом · мм²/м; l — длина мостика, м; S — сечение мостика, мм²; D — диаметр мостика, мм.

Количество выделяемого тепла

$$Q = 0,306 \frac{\rho l}{D^2} I^2 t. \quad (1)$$

Если пренебречь потерями на нагревание проводников и принять, что все количество выделяемого током тепла расходуется на прогревание мостика, то величина

$$Q = CV\gamma(T - T_0),$$

где C — удельная теплоемкость материала мостика, Дж/(кг · К); V — объем мостика, см³; γ — плотность мостика, г/см³; T — температура, до которой нагрет мостик, °С; T_0 — начальная температура мостика, °С.

Так как объем мостика

$$V = Sl = \frac{\pi D^2}{4} l,$$

то уравнение принимает вид

$$Q = C \frac{\pi D^2}{4} l \gamma (T - T_0). \quad (2)$$

Приравняв уравнения (1) и (2), выполнив преобразования, и пренебрегая начальной температурой, так как она по сравнению с конечной очень мала, определяют температуру нагрева и импульс тока:

$$T = 0,39 \frac{\rho}{C \gamma D^4} I^2 t + T_0,$$

$$I^2 t = 2,56 \frac{C \gamma}{\rho} D^4 (T - T_0).$$

Величину $I^2 t$ называют импульсом тока. Зная величину импульса тока для ЭД данного типа, можно определить величину тока, который нужно пропустить через мостик для нагрева его до заданной температуры в течение заданного времени.

Исходя из необходимости иметь самую высокую температуру при минимальном импульсе тока, для изготовления мостиков применяют проволоочки малого диаметра (35 — 50 мкм) из материала с большим удельным сопротивлением и малой теплоемкостью и плотностью. Этим требованиям отвечает нихромовая и константановая проволока.

Импульс тока (постоянного), вызывающий воспламенение электро-воспламенителя, называют импульсом воспламенения, который равен

$$K_{\text{в}} = I^2 t_{\text{в}},$$

где I — ток воспламенения, А; $t_{\text{в}}$ — промежуток времени, необходимый для воспламенения, считая с момента воспламенения, с.

Часто пользуются величиной, обратной импульсу воспламенения, называемой чувствительностью электродетонаторов

$$S_{\text{в}} = 1/K_{\text{в}} = 1/(I^2 t_{\text{в}}).$$

При переменном токе для безотказности действия электродетонаторов с нихромовыми мостиками следует иметь в виду, что переменный ток во времени изменяется по закону синуса, достигая за время одного периода максимума и минимума, а мгновенное ее значение

$$I = I_{\text{max}} \sin \omega t,$$

где I_{max} — максимальное значение тока, А; $\omega = 2\pi f$ — угловая частота; f — частота переменного тока; t — момент времени, для которого определяется мгновенное значение тока, с.

В зависимости от времени включения переменного тока и продолжительности действия эффективность его различна. Поэтому под переменным током понимают не максимальное его амплитудное значение, а эффективное, определяемое по формуле

$$I_{\text{эф}} = I_{\text{max}}/\sqrt{2} = 0,71 I_{\text{max}}.$$

При взрыве одного ЭД величину и знак тока в момент включения можно не учитывать, но для взрыва группы ЭД с последовательным соединением величина тока в момент включения приобретает большое значение.

В каждый ЭД должен поступать ток силой не менее 1 А при числе одновременно взрываемых ЭД до 300 шт. и не менее 2,5 А при взрывании переменным током.

Безотказность действия группы ЭД зависит не столько от абсолютной величины импульса воспламенения в группе, сколько от степени однородности параметров ЭД.

§ 78. Схемы соединения электродетонаторов и расчет величины тока

При электрическом взрывании зарядов возможно применение всех известных способов соединения электрических сопротивлений для монтажа ЭД в цепь: последовательного, параллельного, параллельно-последовательного и последовательно-параллельного. Две последние схемы называют смешанными. Выбор схемы соединения ЭД зависит от числа взрывааемых зарядов, однородности характеристик ЭД и т.д.

Последовательное соединения электродетонаторов заключается в том, что концы проводов смежных ЭД соединяют последовательно, а крайние провода первого и последнего присоединяют к магистральным проводам, идущим к источнику тока (рис. 74). Достоинства схемы заключаются в простоте монтажа, легкости контроля за исправностью сети и простоте расчета, так как общее сопротивление равно сумме сопротивлений, а величина тока, проходящего через все сопротивления, одинакова. К недостаткам схемы следует отнести невозможность одновременного взрывания большого числа зарядов. При неисправности одного ЭД происходит массовый отказ.

По закону Ома ток при последовательном соединении

$$I = \frac{U}{R_M + rn},$$

где U — напряжение источника тока, В; R_M — сопротивление подводящих магистральных проводов (без ЭД), Ом; r — сопротивление одного ЭД в цепи, Ом; n — число электродетонаторов в цепи.

При параллельном соединении ЭД различают параллельно-ступенчатое, когда ЭД постепенно присоединяют к двум параллельным проводам по ступеням (рис. 75, а), и параллельно-пучковое соединение, когда в виде пучков их присоединяют к магистральным проводам (рис. 75, б).

Параллельно-ступенчатое соединение ЭД применяется редко, поскольку здесь имеет место постепенное падение напряжений в проводах и значительное снижение величины тока, что может стать причиной отказов далеко расположенных зарядов.

Параллельно-пучковое соединение может успешно применяться при небольшом числе ЭД. Ток при параллельно-пучковом и

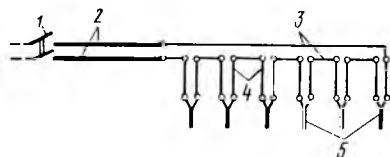


Рис. 74. Последовательная схема соединения электродетонаторов:

1 — рубильник; 2 — магистральные провода; 3 — соединительные провода; 4 — сростки проводов; 5 — ЭД

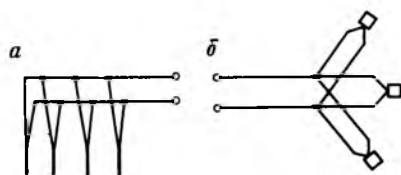


Рис. 75. Параллельные схемы соединения электродетонаторов

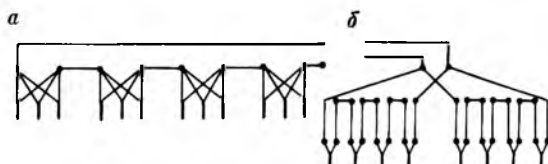


Рис. 76. Смешанное соединение электродетонаторов

параллельно-ступенчатом соединении определяется по формуле

$$I = \frac{U}{R_{\text{м}} + r/n}.$$

К положительным качествам схем с параллельным соединением ЭД относится то, что неисправность одного ЭД не влечет за собой отказа остальных, а обрыв какого-либо провода приводит к отказу только одного ЭД. Недостатки — сложность схемы и ее расчета, большой расход проводов и необходимость иметь большую величину тока.

Смешанное соединение бывает параллельно-последовательное и последовательно-параллельное.

При параллельно-последовательном соединении ЭД в группах соединены параллельно, а группы — последовательно (рис. 76, а).

Ток по этой схеме рассчитывается по формуле

$$I = \frac{U}{R_{\text{м}} + r_1 + (r/n + r_2)m},$$

где n — число параллельно соединенных ЭД в группе; r_1 — сопротивление участковых проводов на участке от магистрали до группы, Ом; r_2 — сопротивление участковых проводов между последовательными группами, Ом; m — число групп, соединенных последовательно.

Недостаток схемы заключается в сложности монтажа и расчета, а также возможности группового отказа при обрыве соединительных проводов.

Последовательно-параллельным соединением пользуются при значительном числе зарядов, когда источник тока не обеспечивает требуемую величину тока для безотказного взрывания. При этой схеме все ЭД разбиваются на группы, внутри которых ЭД соединяются последовательно, а группы между собой — параллельно (рис. 76, б).

При одинаковом числе ЭД в группах и одинаковом их сопротивлении величина тока может быть определена по формуле

$$I = \frac{U}{R_M + \frac{r_c + r_n}{m}},$$

где r_c и r_n — сопротивление ЭД, соединенных соответственно последовательно и параллельно.

В каждую группу поступает ток $i = I/m$, где m — число возможных групп и число ЭД в группах, определяемое по формулам:

$$m = \frac{U}{2iR_M} - \frac{r_1}{2R_M};$$

$$n = \frac{U}{2ir} - \frac{r_1}{2r}.$$

При этом способе соединения ЭД можно пользоваться менее мощным источником тока, чем при последовательном соединении.

§ 79. Подготовка к электрическому взрыванию

Основным в подготовке к проведению электрического взрыва является проверка ЭД. Их проверяют на расходном складе в специально приспособленном помещении, в котором нет ВВ, при отсутствии посторонних людей. Все применяемые при этом приборы должны проверяться в электрических мастерских не реже одного раза в квартал и каждый раз после смены батарей или элемента. Сопротивление ЭД измеряется переносным мостом Р-353 или Р-3043. Если этих приборов нет, токопроводимость необходимо проверить на взрывном испытателе ВИС-1. ЭД с сопротивлением выше нормы подлежат отбору и уничтожению.

Кроме проверки ЭД, подготовка к электровзрыванию заключается в проверке исправности взрывных машинок или включающих ток приспособлений, осмотре магистральных проводов и подготовке необходимого инструмента.

В заключительной стадии операции подготовки, которая производится непосредственно в забое, изготавливаются патроны-боевики. Общее сопротивление электровзрывной сети определяется расчетным путем и после этого проверяется каким-либо измерительным прибором. Расхождение величины сопротивления между полученным расчетом и показаниями прибора не должно быть больше 10%. Время контакта проверяемости сети и прибора не должно превышать 4 с. Если

нельзя проверить сопротивление сети, следует проверить токопроводимость с помощью омметра или испытателя ВИС-1.

Измерение сопротивления или проверка токопроводимости электровзрывной сети производится с безопасного расстояния, после удаления людей в безопасное место или укрытие.

Провода ЭД после проверки необходимо замкнуть накоротко и так держать их до момента подсоединения к взрывной сети. Взрывная сеть монтируется в направлении от забоя к месту нахождения источника тока. Магистральные провода необходимо держать замкнутыми накоротко до момента присоединения их к клеммам прибора или рубильника, включающего ток для взрывания.

§ 80. Взрывание детонирующим шнуром

При скважинном методе взрывания зарядов на карьерах, который является основным, детонация от заряда к заряду передается обычно при помощи детонирующего шнура (ДШ). Детонация в сети ДШ возбуждается капсюлем-детонатором или электродетонатором.

При взрывании капсюля-детонатора детонация передается к магистральному участку ДШ и далее ко всем скважинным зарядам. При взрывании ЭД, установленного у устья скважины, детонация передается детонирующему шнуру, а от него заряду. Применение ДШ позволяет взорвать любое число зарядов, устраняет необходимость опускать в скважину капсюль-детонатор и обеспечивает быструю передачу детонации по всей длине заряда. Для возбуждения детонации низкочувствительных ВВ применяется промежуточный детонатор в виде заряда аммонита, инициируемого непосредственно детонатором или детонирующим шнуром.

Допустимо соединение отдельных отрезков ДШ, в то время как соединение отрезков огнепроводного шнура категорически запрещено. Отрезки ДШ соединяют одним из следующих способов: накладным способом по длине 10 — 15 см, простым узлом и морским узлом. В ответвлениях должно сохраняться то же направление детонационной волны, что и в магистральных шнурах, а поэтому ответвления необходимо монтировать под тупым углом (рис. 77).

Для обеспечения безотказного взрывания детонирующим шнуром необходимо соблюдать следующие условия: магистральные шнуры следует прокладывать по прямой линии, а при поворотах тщательно закруглять их; в одну точку магистрального шнура можно присоединять только по одному ответвлению к заряду ВВ; недопустимы пересечения линий ДШ; запрещается резать ДШ, подсоединенный к заряду; при работе в условиях температуры более 30 °С во избежание флегматизации шнура расплавляющимся парафином необходимо предохранять шнур от действия солнечных лучей.

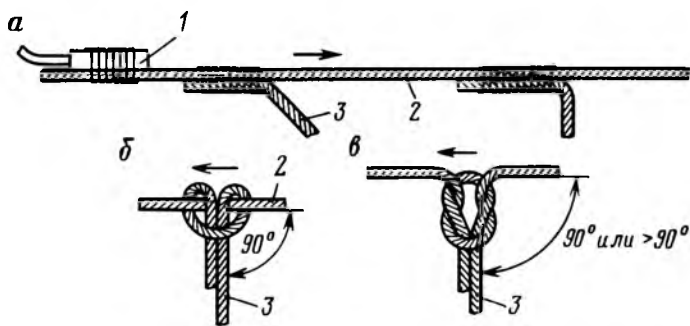


Рис. 77. Способы соединения детонирующего шнура (направление детонационной волны показано стрелкой) :

1 — детонатор; 2 — магистральная линия ДШ; 3 — ответвление ДШ

Для получения коротких замедлений при взрывании детонирующим шнуром применяют пиротехническое детонационное реле (см. рис. 53) .

Достоинства взрывания детонирующим шнуром — простота выполнения работ по подготовке взрывной сети, безотказность при ведении взрывных работ и ликвидации отказов, возможность взрывания неограниченного числа зарядов с заданной последовательностью. Недостаток — его высокая стоимость.

§ 81. Мгновенное взрывание

Мгновенное взрывание в настоящее время на карьерах самостоятельно применяется очень редко. Однако при проведении больших массовых взрывов короткозамедленным способом отдельные группы зарядов взрываются мгновенно.

Сущность мгновенного взрывания заключается в следующем. В первый момент после взрыва двух соседних зарядов в однородном массиве вокруг каждого из них распространяется волна напряжений. До момента встречи волн напряжений от соседних зарядов среда вокруг каждого заряда ведет себя так, как будто произошел взрыв только одного заряда. Напряженное состояние массива резко изменяется, когда волны напряжений после их встречи взаимодействуют между собой. В результате наложения волн напряжений соседних зарядов по линии скважины концентрируются большие растягивающие напряжения, что увеличивает деформацию, вызывает разрушение массива и его последующее перемещение. На другом участке массива вокруг точки, находящейся на пересечении лучей, проведенных из центров зарядов под прямым углом друг к другу, образуются изотропные области, характеризующиеся пониженными напряжениями.

В том, что в изотропных областях происходит уменьшение напряжений по сравнению с действием одиночного заряда, легко убедиться из

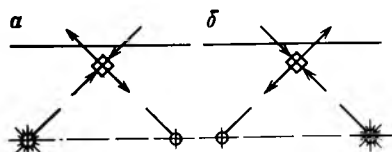


Рис. 78. Схема к пояснению природы изотропных областей

рассмотрения прямоугольного элемента в этой точке, оси которого совпадают с упомянутыми лучами (рис. 78).

Радиальные напряжения, у которых элемент сжат действием взрыва правого заряда (рис. 78, б) являются тангенциальными для левого заряда (рис. 78, а) и, следовательно, действием взрыва левого заряда элемент растянут в этом направлении. В результате происходит взаимная компенсация напряжений по рассматриваемым граням.

Мгновенное взрывание зарядов уже в период действия взрыва характеризуется неоднородным напряженным состоянием, при котором по линии скважин образуются большие растягивающие напряжения, а вокруг изотропных точек — области пониженных напряжений. Образование в массиве неоднородного напряженного состояния отрицательно сказывается на равномерности дробления горных пород взрывом.

Концентрация больших растягивающих напряжений по линии скважин при сближенном расстоянии между ними приводит к преждевременному отделению взрывающей среды от массива и к образованию в тыльной части массива параллельных линий заколов, отрицательно влияющих на качество дробления горных пород при последующем взрывании.

Наибольшее влияние на неравномерность дробления горных пород при мгновенном взрывании оказывают области с пониженными растягивающими напряжениями при коэффициенте сближения 0,5 — 1. При коэффициенте сближения зарядов, близком к 1,5 — 2, влияние этих областей минимально.

§ 82. Короткозамедленное взрывание

При короткозамедленном взрывании вследствие одновременности взрывания отдельных зарядов или серий зарядов отсутствует наложение волн напряжений соседних зарядов, приводящее к образованию неоднородного напряженного состояния.

Разрушение горных пород при одnorядном короткозамедленном взрывании происходит следующим образом. При взрыве первого заряда разрушение массива аналогично разрушению его взрывом одиночного заряда. В результате действия волн напряжений призма выброса оказывается раздробленной, а под действием остаточного давления газобразных продуктов взрыва происходит ее сдвиг.

Давление газов к этому времени в скважине хотя и снижается, но все еще продолжает действовать на массив, который в области первого заряда и соседнего находится в сложном напряженном состоянии.

Взрыв второго заряда приводит к еще более сложному напряженному состоянию, так как в этом случае увеличивается напряженность массива, вызванного действием взрыва предыдущего заряда, а также увеличивается разрушение вследствие отраженной волны напряжения от вновь образованных открытых поверхностей.

Передача некоторой энергии взрыва второго заряда в участок массива, разрушаемый первым зарядом, приводит к увеличению продолжительности действия волн напряжений и тем самым оказывает значительное влияние на интенсивность дробления. На интенсивность и равномерность дробления горных пород при короткозамедленном взрывании влияет также уменьшение заколов в тыльной части массива. При одновременном взрывании соседних зарядов происходит соударение и, как результат, дополнительное дробление горных пород.

Таким образом, улучшение дробления горных пород при короткозамедленном взрывании достигается благодаря удлинению периода действия взрыва на массив, образованию дополнительных открытых поверхностей, соударению горных пород при взрыве и меньшей нарушенности тыльной части массива в сравнении с мгновенным взрыванием. Все это может быть достигнуто только при правильно выбранных параметрах сетки расположения скважин и интервале времени замедления.

§ 83. Расчет интервала времени замедления при короткозамедленном взрывании

Чтобы избежать нецелесообразного наложения волн напряжений при взрыве и компенсации части растягивающих напряжений в начальный период времени, интервал замедления должен быть больше времени начала трещинообразования. Наряду с этим замедление должно быть достаточным для распространения трещин от заряда к контуру и образованию дополнительных открытых поверхностей, обеспечивающих благоприятную работу зарядов последующей очереди. Эти условия определяют нижний предел интервала времени замедления. Верхняя граница интервала времени замедления определяется из условия, чтобы не было значительного отделения массива заряда первой очереди и чтобы заряды второй очереди удлинняли период действия взрыва на массив в области зарядов первой очереди.

Исходя из этих условий, расчетная формула для определения времени замедления при короткозамедленном взрывании скважинных зарядов в уступе имеет вид

$$t = t_1 + t_2 + t_3,$$

где $t_1 = 1 \div 2$ мс — продолжительность вовлечения массива в напряженное состояние до разрушения; t_2 — длительность трещинообразования в массиве до начала смещения призмы выброса; t_3 — время вспучивания и отделения от массива призмы выброса.

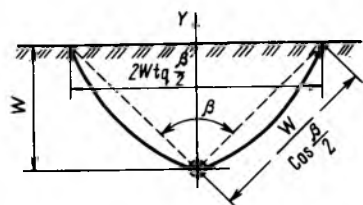


Рис. 79. Схема к определению времени трещинообразования

Время t_2 рассчитывается из условий прохождения трещин от заряда к контуру согласно расчетной схеме, показанной на рис. 79:

$$t_2 = \frac{W}{v_{\text{тр}} \eta \cos \frac{\beta}{2}},$$

где W — л.н.с., м; $v_{\text{тр}}$ — скорость развития трещин в сплошном массиве в зависимости от крепости пород, равная в ближней зоне 500 — 1500 м/с, в дальней зоне — 150 — 300 м/с; $\eta = 1 \div 0,6$ — коэффициент трещиноватости среды; β — угол раскрытия призмы выброса. Время t_2 обычно составляет 14 — 21 мс.

Время t_3 рассчитывается из условия сдвижения и вспучивания массива на 10 см силами давления газообразных продуктов взрыва на

Таблица 44

Интервалы замедлений в различных породах

Степень крепости породы	Коэффициент крепости пород f	Время замедления (мс) в зависимости от л.с.п.п., м				
		1,5–3	3–4,5	4,5–6	6–8	8–10
Крепкие, хрупкие (магнетитовые роговики, граниты, перидотиты, габбро, диориты, кварц и др.)	20–12	10–12	15–17	20–25	25–30	30–35
		12–15	19–21	25–31	31–37	37–44
Средние крепости (трещиноватые роговики, доломиты, известняки, порфириды, песчаники и др.)	14–8	15–17	20–25	25–30	30–35	35–40
		19–21	25–31	31–37	37–40	43–50
Вязкие и мягкие (магнетиты, гипсы, мергели, слабые известняки и др.)	8–4	20–25	25–30	30–35	35–40	40–45
		25–31	31–37	37–40	43–50	50–65

Примечание. В числителе — время замедления при однорядном короткозамедленном взрывании; в знаменателе — при многорядном короткозамедленном взрывании.

стенки зарядной камеры:

$$t_3 = 80 \cdot 10^{-6} \frac{W^2 \gamma \operatorname{tg} \frac{\beta}{2}}{d},$$

где γ — плотность породы, т/м³; d — диаметр скважины, м.

Время t_3 составляет 8 — 12 мс. Общая величина времени замедления при однорядном взрывании на открытую поверхность уступа составляет 23 — 35 мс. При многорядном расположении скважин время замедления необходимо увеличить на 25 % (30 — 45 мс), а при взрывании в зажатой среде — на 35 — 40 % (35 — 50 мс). В целом общее время замедления зависит от величины л.н.с., диаметра заряда и физико-механических свойств горных пород, выраженных через скорость разрушения среды (табл. 44).

§ 84. Монтаж взрывной сети при взрывании детонирующим шнуром

Безопасность ведения работ при взрывании детонирующим шнуром требует исключительного внимания к монтажу взрывной сети и качеству заряжания скважин. Перед опусканием ДШ в скважину два конца его соединяют вместе, к ним прикрепляют одну или несколько тротильных шашек (в случае, если скважины заряжаются ВВ, которые не детонируют от ДШ). Для присоединения к основной магистрали ДШ отрезают на 1,5 — 2 м от устья скважины и укрепляют на поверхности во избежание падения его в скважину во время заряжания.

После заряжания всей серии скважин с противоположной стороны от забоя прокладывают две нити магистральной линии ДШ. В зависимости от принятой последовательности взрывания зарядов в скважинах по утвержденной схеме замедлители устанавливают на каждую скважину или на группу скважин. Если детонационные реле необходимо устанавливать на каждой скважине, то к их монтажу приступают после прокладки магистральной линии. С обоих концов трубки детонационного реле с помощью алюминиевых колпачков закреплены два отрезка ДШ: один длиной 350 мм, другой — 150 мм, а на поверхности бумажной гильзы стрелкой указано направление детонации. Коротким отрезком ДШ реле подсоединяют к отрезку шнура, который остался у скважины, а длинным через небольшой отрезок ДШ — к магистральной линии.

Концы шнура и сети соединяют внакладку или внакрутку на участке длиной не менее 10 см. При присоединении реле к сети ДШ необходимо, чтобы стрелка детонационного реле соответствовала общему направлению детонации в сети. При необходимости увеличения времени замедления разрешается последовательно включить несколько детонационных реле.

В случае необходимости установления замедлителя на группу зарядов, в предполагаемом месте его установки, до подсоединения зарядов разрезают магистральную линию ДШ и только тогда приступают к подсоединению зарядов и подключению детонационных реле.

Возможность взрывания неограниченного числа зарядов в заданной последовательности и высокая эффективность дробления явились причиной наибольшего распространения на карьерах этого способа взрывания.

Глава XV

ВЗРЫВНЫЕ РАБОТЫ НА КАРЬЕРАХ

§ 85. Классификация методов взрывных работ

В зависимости от способа размещения заряда по отношению к подлежащему разрушению объекту, а также от формы и величины заряда различают следующие методы ведения взрывных работ: наружными, шпуровыми, скважинными и камерными зарядами. Методы наружных и шпуровых зарядов на карьерах имеют вспомогательное значение.

Метод шпуровых зарядов на карьерах применяют для дробления негабаритных блоков, при разработке маломощных месторождений полезных ископаемых, при подработке подошвы уступа, при разработке штучного камня на нерудных карьерах и в других условиях.

Самым распространенным на современных карьерах во всех отраслях хозяйства является метод скважинных зарядов. При взрывании больших массивов горных пород на выброс, сброс или дробление применяют метод камерных зарядов.

§ 86. Метод наружных зарядов

При ведении взрывных работ методом наружных зарядов заряд размещается снаружи разрушаемого массива. При этом заряд соприкасается с разрушающим массивом только с одной стороны. Это уменьшает коэффициент полезного использования энергии взрыва, а в результате для получения необходимого дробления удельный расход ВВ приходится увеличивать в 3–7 раз, что снижает экономическую эффективность его по сравнению с другими методами. Метод наружных зарядов применяется в том случае, если трудоемкость и стоимость бурения очень высоки. Достоинство метода в его простоте, легкости выполнения и возможности ведения взрывных работ в труднодоступных условиях при отсутствии буровой техники. Этот метод используют главным образом для разрушения негабаритных блоков, зависших кусков породы, мерзлых грунтов, валунов и других объектов.

Для лучшего дробления наружным зарядом ВВ рекомендуется укладывать слоем толщиной 2–2,5 см в углубление на поверхности негабари-

та (плоские заряды). Применение наружных плоских зарядов увеличивает площадь соприкосновения ВВ с массивом и тем самым увеличивается полезное использование энергии взрыва на дробление. Сверху заряда со всех сторон размещается забоечный материал. При взрывании наружными зарядами радиус опасной зоны принимается не менее 300 м.

При взрывании наружных зарядов иногда в качестве забойки применяют пластиковый мешки, заполненные водой. Для придания эластичности мешку и плотного его прилегания к заряду и поверхности камня мешок заполняют водой на три четверти его объема. Наружные заряды обычно взрывают огнепроводным шнуром. При сосредоточении на небольшом расстоянии нескольких наружных зарядов их взрывают детонирующим шнуром.

Масса наружного заряда $Q = qV$, где $q = 1,5 \div 3$ кг/м³ — удельный расход ВВ, зависящий от крепости пород, размеров взрывааемых блоков и типа ВВ; V — объем взрывааемого блока, м³.

§ 87. Метод шпуровых зарядов

При шпуровых зарядах заряд ВВ размещается внутри подлежащего разрушению объекта — в шпуре.

Метод шпуровых зарядов на открытых разработках применяют на больших карьерах как вспомогательный при взрывании негабаритных блоков, разрушении порогов в подошве уступа и в других случаях.

Как самостоятельный способ отбойки шпуровой метод применяют при добыче строительных материалов на небольших и немеханизированных карьерах с малым фронтом работ, с высотой уступа менее 5 м, а также при селективной выемке полезных ископаемых, залегающих в виде жил, когда не допускается разубоживание руд пустыми породами или когда необходимо сохранить ненарушенную структуру полезного ископаемого.

Метод шпуровых зарядов эффективно применяется при проходке каналов и траншей для создания ненарушенного откоса при контурном взрывании, а также при ведении взрывных работ негорного характера (рыхление мерзлых грунтов, корчевка пней и валка деревьев, обрушение зданий и сооружений, дробления льда, металла и др.). При данном методе отбойки шпур в большинстве случаев располагают в вертикальной плоскости, но иногда применяют комбинированное расположение, при котором основной объем горной массы отбивается взрывом вертикальных шпуровых зарядов, а наклонными или горизонтальными шпуровыми зарядами усиливается отбойка по подошве уступа.

Глубину шпуров для пород слабых и средней крепости принимают равной высоте уступа, при взрывании крепких пород глубину шпура увеличивают на 10–20 %. Величина л.н.с. — расстояние от центра шпурового заряда до боковой открытой поверхности — зависит от физико-механических свойств пород, диаметра шпура, мощности ВВ и определяется опытным путем. Расстояние между шпурами определяется по

формуле

$$a = mW,$$

где m — коэффициент сближения зарядов, равный 1—2 при короткозамедленном взрывании; W — л.н.с., определяемая опытным путем, м.

Шпуры на уступе располагают в большинстве случаев в несколько рядов, реже в один. Расстояние между рядами принимают равным W .

Шпуры заряжают патронированным ВВ, заряд занимает не более двух третей длины шпура, остальное пространство заполняется забойкой. При взрывании шпуровых зарядов, расположенных в несколько рядов, применяют электродетонаторы ЭД-КЗ с врубовыми схемами соединения зарядов.

Метод шпуровых зарядов является самым дорогостоящим из всех методов, при которых заряд ВВ помещают внутри разрушаемого объекта. Этот метод требует высокого удельного расхода ВВ и больших трудовых затрат на бурение шпуров. При взрывании шпуровых зарядов радиус опасной зоны принимают не менее 200 м.

§ 88. Метод скважинных зарядов

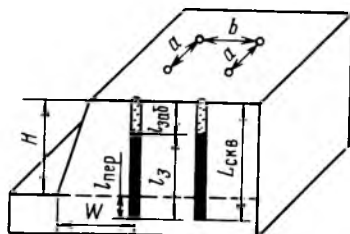
Метод скважинных зарядов на карьерах является основным и наиболее распространенным. Скважинные заряды представляют собой заряды ВВ, размещенные в скважинах.

Метод скважинных зарядов по сравнению со шпуровым имеет следующие достоинства: в 4—5 раз повышается производительность труда рабочих по циклу буровзрывных работ; на 20—40 % уменьшается расход ВВ на единицу отбиваемой массы; создается возможность одновременно взрывать неограниченное количество горной массы, что позволяет применять современные машины и механизмы; имеется возможность регулирования степени дробления горных пород взрывом, что создает предпосылки для применения техники непрерывного действия при добыче скальных пород. При данном методе скважины в массиве можно располагать вертикально, наклонно и горизонтально к плоскости горизонта. Наиболее широко применяются вертикальные скважинные заряды. Наклонные имеют ряд достоинств по сравнению с вертикальными. Горизонтальные скважины на открытых разработках применяются редко.

Практикой буровзрывных работ и теоретическими исследованиями установлено, что технико-экономические показатели отбойки скважинными зарядами зависят от правильного соотношения основных параметров взрывных работ: высоты уступов, сопротивления по подошве, расстояния между зарядами, перебура, величины заряда и др. В свою очередь, параметры буровзрывных работ должны соответствовать условиям действия заряда в среде, физико-механическим свойствам горных пород, структуре их, мощности отдельных пачек и блочности массива.

При вертикальном расположении скважинных зарядов основными

Рис. 80. Параметры скважинных зарядов



параметрами буровзрывных работ являются: диаметр скважины d , высота уступа H , расстояние между зарядами a , расстояние между рядами b , длина перебура $l_{\text{пер}}$, длина заряда l_z , длина забойки $l_{\text{заб}}$, масса заряда Q , его конструкция и линия сопротивления по подошве уступа W (рис. 80).

§ 89. Выбор диаметра скважины

Диаметр скважины является параметром, определяющим степень дробления горных пород, мощность бурового и погрузочно-транспортного оборудования и общие технико-экономические показатели по буровзрывным работам и по всему циклу добычи и переработки сырья.

До недавнего времени считалось, что для получения заданной степени дробления крепких пород наиболее экономичным является взрывание скважин малого диаметра. К таким выводам многие исследователи приходили на основании экспериментов по дробимости горных пород в промышленных и полупромышленных условиях при взрывании одиночного заряда или при однорядном расположении скважин.

В связи с применением однорядного и многорядного короткозамедленного взрывания и взрывания в зажатой среде на предприятиях железорудной и других отраслей промышленности доказано, что увеличение диаметра заряда способствует улучшению дробления горных пород и повышению общих технико-экономических показателей буровзрывных работ. Это можно объяснить тем, что увеличение диаметра скважины приводит к удлинению периода разложения заряда, увеличению плотности энергии взрыва, приходящейся на единицу поверхности заряда, удлинению общего периода действия газообразных продуктов взрыва на стенки зарядной камеры, увеличению скорости развития трещин и интенсификации процесса дробления.

Рассмотрим влияние диаметра скважины на технико-экономические показатели буровзрывных работ на железорудных карьерах.

При разрушении пород железорудных карьеров трещины при своем развитии имеют прямолинейную форму. Для этих карьеров увеличение диаметра заряда способствует повышению эффективности буровзрывных работ и равномерному дроблению их взрывом. Например, на карьере ЮГОКа в начальный период освоения огневого бурения скважины бу-

рили диаметром 180–220 м. В дальнейшем по мере освоения бурения котловых расширений в нижней части скважины диаметром до 450 мм коренным образом изменялись технико-экономические показатели буровзрывных работ: в 2–3 раза увеличивался выход горной массы с 1 м скважины, более чем в 3 раза уменьшалась себестоимость буровзрывных работ, в значительной степени улучшились качество дробления и проработка подошвы уступа.

**Технико-экономические показатели буровзрывных работ
при огневом бурении на ЮГОКе**

Диаметр скважины в нижней части уступа, мм . . .	180–220	350–450
Высота уступа, м	15	15
Соппротивление на подошве (с.п.п.), м	В первом ряду не бурились	10–13
Расстояние, м:		
между скважинами	4–6	8–9
между рядами	4–6	9–9,5
Объем рыхления на одну скважину, м ³	350–500	1300–1950
Удельный расход ВВ, кг/м ³	0,8	0,72
Глубина скважины, м	18,5	17,5
Длина, м:		
заряда	14–13	12–11
забойки	4,5–5,5	5,5–6,5
Масса ВВ в 1 м скважины, кг	23–24	85–110
Выход горной массы с 1 м скважины, м ³	20–26	50–55
Выход негабарита, %	1,5–3	0,3
Себестоимость бурения 1 м скважины, руб	17,5	10,5
Себестоимость обуривания 1 м ³ горной массы, руб	0,76	0,21

В связи со значительным влиянием диаметра скважины на технико-экономические показатели буровзрывных работ и качество дробления в настоящее время на карьерах Кривбасса буровые работы выполняют станками тяжелого типа, способными экономично бурить скважины диаметром 269–320 мм.

На гранитных карьерах при разрушении массивов имеют место трещины зигзагообразной формы, что приводит к уменьшению скорости их развития и замедлению процесса дробления массива взрывом. Этим определяется неравномерность его дробления. Уменьшение диаметра скважины для этих пород снижает процент выхода негабарита. Так, исследование влияния диаметра заряда на дробление гранитных массивов показали, что применение скважин диаметром 155 мм по сравнению со скважинами диаметром 214 мм при сгущенной сетке скважин и одинаковом удельном расходе ВВ на 5–10 % снижает выход негабаритных кусков. Однако выход горной массы с 1 м скважины при этом снизился почти в 2 раза. Попытка снизить выход негабарита при скважинах большего диаметра не дала положительных результатов.

**Технико-экономические показатели буровзрывных работ
на гранитных карьерах при диаметре скважин 155 и 214 мм**

Карьер	Редутский	Малоках- новский	Комбинат нерудных ископае- мых
Буровой станок	"Урал-61"	БСШ-2М	2СБШ-200
Диаметр скважины, мм	155	214	214
Высота уступа, м	14	14	14
Глубина скважины, м	15	15,5	15,5
С.п.п., м	5—6	7—8	7—8
Расстояние, м:			
между скважинами в ряду	4,0	5,5	5,5
между рядами	4,0	5,0	5,0
Длина забойки, м	6,5—5,5	7,0—6,0	7,0—6,0
Удельный расход ВВ, кг/м ³	0,75	0,75	0,75
Выход горной массы с 1 м скважины в цели- ке, м ³	15	28	28
Максимальный размер куска, м	0,7	0,5/0,7*	0,7
Выход негабарита:			
I горизонт	21	39/25	25
II горизонт	13	27/18	17
Сменная производительность бурового стан- ка, м	20—24	30—34	30—34

*В числителе диаметр максимально допустимого куска горной массы $d_{\max} \leq \leq 0,50$, в знаменателе $d_{\max} \leq 0,70$.

§ 90. Исследования и выбор рациональной сетки расположения скважин

Принятый в настоящее время на карьерах объемный метод определения величины заряда хотя из условий практики является наиболее приемлемым, все же не отражает истинного характера распределения взрыва в массиве и не учитывает процесса и характера взаимодействия волн напряжений близлежащих зарядов. Проведенные в производственных условиях исследования показали, что равномерность и интенсивность дробления горных пород действием взрыва зависят не только от объема горной массы, приходящейся на одну скважину, но также и от сетки расположения скважин на уступе. Сетка расположения скважин при определенном значении с.п.п. может быть охарактеризована коэффициентом сближения скважин или отношением расстояния между скважинами к величине с.п.п. В последние годы коэффициент сближения зарядов на многих карьерах значительно увеличился. Однако ввиду отсутствия исчерпывающих представлений о механизме разрушения горных пород при различных коэффициентах сближения зарядов, на многих карьерах взрывные работы ведут при очень сближенных зарядах.

Для отыскания рационального коэффициента сближения зарядов на карьерах Докучаевского флюсо-доломитного комбината были про-

Таблица 45

Влияние коэффициента сближения зарядов на качество дробления

Высота уступа, м	С.п.п., м	Расстояние между скважинами, м	Коэффициент сближения зарядов	Перебур	Длина забойки, м	Удельный расход ВВ, кг/м ³	Выход горной массы с 1 м скважины, м ³	Выход негабарита, %
13,5	12,6	8,2	0,7	1,6	7,3	0,359	79	5,2
15,4	12,0	9,0	0,8	2,3	6,1	0,328	87	3,2
15,2	10,8	9,2	0,9	2,1	8,2	0,326	94	3,8
15,2	10,4	10,0	1,0	2,3	9,1	0,304	91	2,5
15,1	10,5	11,8	1,1	2,0	8,1	0,3	115	2,5

ведены обширные экспериментальные исследования по раскрытию физических основ взаимодействия полей напряжений соседних зарядов и определению рационального коэффициента сближения зарядов из условия наиболее интенсивного дробления хрупких тел действием взрыва.

В известняках с коэффициентом крепости $f = 8 \div 10$ (плотность пород 2,66 т/м³) было исследовано влияние коэффициента сближения зарядов на выход негабарита при условии, что удельный расход ВВ и произведение aW остаются постоянными. Выход негабарита при однорядном короткозамедленном взрывании в зависимости от коэффициента сближения зарядов приведен в табл. 45.

Таким образом, увеличение коэффициента сближения зарядов от 0,7 до 1,1 в 2 раза уменьшает выход негабарита (в %) при одновременном увеличении (с 79 до 115 м³) выхода горной массы и уменьшении (на 18 %) удельного расхода ВВ.

Необходимо также отметить, что выход негабарита при увеличении коэффициента сближения больше единицы при однорядном короткозамедленном взрывании остается почти постоянным. При короткозамедленном взрывании благодаря более эффективному использованию энергии взрыва можно увеличить коэффициент сближения зарядов для известняка до 1,2 и тем самым увеличить выход горной массы с 1 м скважины. В породах с крупноблочной структурой увеличивать коэффициент сближения зарядов свыше 1 нецелесообразно.

Из вышесказанного следует:

1) при составлении проектов взрывов должен учитываться коэффициент сближения зарядов в зависимости от дробимости горных пород и трещиноватости взрываемых массивов;

2) при мгновенном взрывании серии зарядов в ряду рекомендуется применять квадратную сетку расположения скважин с коэффициентом сближения зарядов, равным 1;

3) при короткозамедленном взрывании зарядов в ряду коэффициент сближения должен составлять 1,2—1,4.

§ 91. Выбор рациональной величины перебура

После определения рационального диаметра скважин для данного месторождения и выбора коэффициента сближения зарядов необходимо выбрать рациональную величину перебура.

При взрыве заряда в скважине в результате удара газообразных продуктов взрыва, в массиве возникает волна напряжения, которая в дальнейшем и обуславливает дробление среды. В той же части заряда, которая находится в перебуре, напряжения распространяются по тому же закону. Это приводит к тому, что энергия заряда в перебуре используется неудовлетворительно, так как напряжения, возникающие в области перебура, выполняют только незначительную часть полезных разрушений, обеспечивая нормальное состояние подошвы забоя после взрыва. Несмотря на это, на ряде предприятий величина перебура доходит до 5 м. Это вызвано тем, что на практике центр заряда располагается на уровне подошвы уступа, а половина его находится в перебуре.

Рассмотрим положительные и отрицательные стороны влияния перебура на результаты дробления горных пород и себестоимость буровзрывных работ на карьерах.

1. Вследствие высокой себестоимости бурения скважин на карьерах основным недостатком перебура являются дополнительные затраты на бурение. При себестоимости 1 м скважины 5—12 руб. и перебуре 3—5 м дополнительные затраты на перебур в каждой скважине составляют 15—50 руб.

2. Коэффициент полезного использования энергии взрыва в области перебура очень незначителен, так как в основном энергия расходуется на создание сейсмических колебаний массива, находящегося ниже подошвы уступа. То обстоятельство, что значительная часть ВВ располагается в перебуре и заряд удаляется от массива, подлежащего дроблению, в значительной мере обуславливает плохое дробление верхней части уступа. Сказанное подтверждается проведенными на карьерах Докучаевского флюсодоломитного комбината наблюдениями за разрушением горных пород при различных величинах перебура. Было установлено, что породы той части уступа, в которой расположен заряд, хорошо разрушены и глубоко разбиты трещинами. Выше заряда массив не разрушен и виден след скважины. Поэтому для более полного использования энергии взрыва необходимо стремиться приблизить заряд к той части массива, которая должна разрушаться. Значительное увеличение глубины перебура на карьерах обусловлено неправильным выбором параметров буровзрывных работ, когда принимают завышенные сопротивления по подошве с низкими величинами коэффициентов сближения, а для обеспечения нормальной отметки подошвы забоя увеличивают перебур до 30 % от высоты уступа или до 20 диаметров скважины.

В условиях Докучаевского флюсодоломитного комбината доказано, что увеличение коэффициента сближения зарядов до 1,2 при постоянном выходе горной массы с 1 м скважины обеспечивает более эффективное ее дробление при глубине не выше 15 % от высоты уступа или около восьми диаметров скважины.

3. Большие перебуры приводят к сильному разрушению верхней части нижележащего уступа. Наличие трещин отрицательно сказывается на забуривании в нем скважин, а также на производительности буровых станков, которая при этом снижается на 50 %, а иногда и в 2 раза.

4. Наличие трещины в верхней части уступа повышает выход негабарита, что объясняется как трещиноватостью, так и значительным удалением заряда от разрушаемой части массива.

Единственное положительное качество перебура — поддержание отметки подошвы уступа в нормальном состоянии. Однако это можно обеспечить и другими способами: применением правильной сетки расположения скважин, обеспечивающих коэффициент сближения скважин 1—1,2, расширением нижней части скважин при огневом бурении, применением наклонных и парносближенных скважинных и комбинированных зарядов, когда в нижней части помещается тротильный заряд, а выше — ВВ с меньшей удельной энергией. Таким образом, выбор величины перебура следует решать исходя из двух условий: нормального поддержания отметки подошвы уступа и эффективного ведения буровзрывных работ.

На величину перебура, обеспечивающую нормальную отметку подошвы, влияют: физико-механические свойства горных пород, условия залегания и мощность напластования пород нижней части уступа, схема взрывания зарядов и расположение врубового ряда, параметры буровзрывных работ, конструкция заряда и характеристика ВВ. Так как на величину перебура влияет большое число факторов, которые изменяются даже по длине одного забоя, невозможно сделать общие рекомендации по выбору рациональной величины перебура. В конкретном случае ее нужно устанавливать с учетом факторов, влияющих на величину перебура, опыта передовых предприятий и личного опыта руководителя взрывных работ.

В условиях карьеров флюсовой промышленности на выбор величины перебура большое влияние оказывает мощность напластования отдельных пачек горных пород в нижней части уступа. Опытами на карьерах Докучаевского флюсодоломитного комбината установлено, что если мощность напластования нижней пачки составляет не менее 1 м при диаметре скважины 230 мм, величина перебура должна быть 3 м; если мощность отдельных пластов не более 0,7 м, величина перебура должна быть 2 м, хотя физико-механические свойства этих пород одинаковы. Это же характерно и для карьеров железорудной промышленности. Так в условиях карьера ЮГОКа в окисленных рудах, имеющих мощность напластования не более 0,4 м, при диаметре скважины 250—350 мм принят перебур 2 м, а в неокисленных рудах, имеющих мощность пластов более 0,6 м, перебур составляет 3 м.

Таблица 46

Параметры перебуров в различных условиях

Порода	Пребур в ряду, м			
	Первом с нормальным сопротивлением	Последующем	Врубом	Первом с завышенным сопротивлением

Карьеры по добыче флюсовых материалов
при диаметре скважины 230—250 мм

Легковзрываемые известняки с $f = 6 \div 10$	1,5—2	2,0—2,5	2,5—3,0	2,5—3,0
Труднодробимые известняки с $f = 6 \div 10$	2,5—3,0	3,0—3,5	3,5	3,5

Карьеры по добыче железной руды
при диаметре скважины 239—280 мм

Легкодробимые окисленные железистые кварциты, мелкокрешиноватые сланцы	2	2	2	2
Неокисленные железистые кварциты и руды	2	3	3—3,5	3

Карьеры по добыче гранитов

Мелкоблочные граниты при диаметре долота, мм:

106	0,5	0,5	0,5	0,5
200	1	1	1	1

Крупноблочные граниты при диаметре долота, мм:

200	2	2,5—3	3	3
106	1—1,5	1,5	1,5	1,5

На контактах легкодробимых и труднодробимых пород трудно обеспечить хорошее качество взрыва. Когда отметка горизонта проходит по контакту, увеличение перебура и сосредоточение большого заряда в нижней части приводят к значительному разбросу горной массы. В этом случае величину перебура следует принимать 1—1,5 м. Часто на флюсовых карьерах на отдельных участках по линии отметки горизонта выходит мощный пласт известняков. Обеспечить при этом нормальную отметку горизонта очень трудно, в этих случаях следует увеличить перебур до 3 м. Большие перебуры следует применять в частных случаях, в основном величину перебура для карьеров флюсовой промышленности следует принимать 2 м, для карьеров по добыче гранитов — 1—2 м.

Одним из факторов, требующих увеличения перебура, является выбор схем взрывания и врубовых рядов. При многорядном расположении

скважин для повышения эффективности дробления применяют врубные ряды, в которых величину перебура увеличивают на 1 м. Для флюсовых карьеров при взрывании вязких пород во втором и последующих рядах перебур также увеличивают на 1 м.

На карьерах величина с.п.п. в первом ряду обычно непостоянна; в отдельных местах забоя по ряду причин она завышена на 20–40 %. В этом случае для обеспечения нормальной отметки горизонта величину перебура увеличивают на 1–1,5 м.

Перебуры для различных горно-геологических условий по данным многолетних исследований, наблюдений за результатами взрывов и обобщений опыта передовых предприятий, приведены в табл. 46.

В последние годы на ЮГОКе были проведены исследования по применению дифференцированных перебуров при многорядном короткозамедленном взрывании. Исследованиями установлено и повсеместно внедрено на карьере в первом ряду перебур длиной 3 м, во втором без перебура, в третьем 2,1 м при $W = 10$ м, $a = 5$ м, $b = 6,5$ м.

§ 92. Расчет величины сопротивления по подошве

Величина линии сопротивления по подошве (с.п.п.) зависит от многих факторов, которые можно объединить в три группы. К первой группе относятся факторы, характеризующие взрываемую среду: мощность напластования отдельных пластов взрываемого уступа, дробимость данной породы взрывом, общая трещиноватость массива. Ко второй группе относятся факторы, характеризующие скважинный заряд ВВ и определяющие форму и длину взрываемого импульса: тип ВВ, диаметр и высота заряда. К третьей группе относятся величины, характеризующие расположение заряда в массиве: относительное расстояние между зарядами, длина колонкового заряда, величина перебура и степень зажатия массива (взрыв в зажатой среде).

Для современных крупных механизированных горных предприятий с интенсивной выемкой полезных ископаемых на величину с.п.п. значительное влияние оказывает надежность подработанной подошвы уступа.

При вертикальных скважинах величина сопротивления на подошве зависит от высоты и угла откоса уступа и должна обеспечить скважиной нормальное разрушение массива на уровне подошвы (см. рис. 80).

Максимальное преодолеваемое сопротивление по подошве

$$W = W_{\text{од}} + k \gamma (1,2 - m), \quad (3)$$

где $W_{\text{од}}$ — с.п.п. для одиночной скважины, м; k — коэффициент, зависящий от свойств пород; γ — плотность взрываемой среды, т/м³; m — коэффициент сближения зарядов.

С.п.п. одиночного заряда определяется по формуле С.А. Давыдова

$$W_{\text{од}} = 53 k_T d \sqrt{\frac{\Delta l}{d}}, \quad (4)$$

где $k_T = 1 \div 1,2$ — коэффициент трещиноватости; Δ — плотность заряжения, кг/дм³; d — диаметр скважины, дм.

Союзвзрывпром рекомендует определять с.п.п. одиночной скважины по формуле

$$W_{од} = \sqrt{\frac{P}{q}},$$

где P — вместимость 1 м скважины, кг; q — расчетный удельный расход ВВ, кг/м³.

Диаметр скважины для заданной высоты уступа H , при котором ВВ заполняет скважину на $2/3$ ее длины и более, определяется по формуле

$$d = 28H \sqrt{\frac{q_{\phi}}{\Delta}},$$

где q_{ϕ} — фактический удельный расход ВВ, кг/м³.

Если величина с.п.п. меньше $0,8H$, то ее можно определить по формулам:

$$W = 2,4d \sqrt{\frac{\Delta}{q_{\phi}}}; \quad W = 0,9 \sqrt{\frac{P}{q_{\phi}}}.$$

Подставив из выражения (4) $W_{од}$ в формулу (3) и приняв $k_T = 1,1$, $I = 1$ и $\Delta = 0,9$, окончательно получим

$$W = \frac{30d}{\sqrt{\gamma}} (3 - m). \quad (5)$$

Союзвзрывпром рекомендует определять с.п.п. с учетом взаимодействия зарядов по формуле

$$W = W_{од} (1,6 \div 0,5). \quad (6)$$

Формулы (5) и (6) справедливы при $m \leq 1,2$.

По условиям безопасного ведения работ с.п.п. проверяется по формуле

$$W = H \operatorname{ctg} \alpha + c_d, \quad (7)$$

где H — высота уступа, м; α — угол откоса уступа, градус; $c_d \geq 3$ м — минимальное допустимое расстояние оси скважины от верхней бровки уступа.

Приравнивая формулы (5) и (7), найдем диаметр вертикальных скважин, который обеспечивает нормальную проработку подошвы уступа при данной высоте и угле откоса уступа:

$$d = \frac{(H \operatorname{ctg} \alpha + c_d) \sqrt{\gamma}}{30 (3 - m)}. \quad (8)$$

Если определенный по формуле (8) диаметр скважины получится большим, чем позволяет бурить применяемый на карьере станок, то надо применить станок для бурения скважин большего диаметра, парносближенные или наклонные скважинные заряды.

§ 93. Выбор рациональной высоты уступа

Рациональную высоту уступа выбирают из условий безопасной работы погрузочно-транспортного оборудования и максимальной интенсивности выемки полезного ископаемого. Высота уступа зависит от параметров экскаватора, а также от способа взрывных работ, возможной ширины развала взорванной горной массы и угла, под которым он располагается. Исходя из этого высота уступа определяется по формуле акад. Н.В. Мельникова

$$H = 0,7B \sqrt{\frac{\sin \alpha \sin \beta}{k_p \eta' (1 + \eta'') \sin (\beta - \alpha)}}, \quad (9)$$

где $B = 0,8 (R_q + R_p)$ — ширина развала породы после взрывания, м; R_q и R_p — радиус соответственно черпания и разгрузки экскаватора, м; α и β — угол откоса соответственно развала взорванной горной массы и уступа, градус; k_p — коэффициент разрыхления породы; $\eta' = 0,55 \div 0,7$ — отношение величины л.н.с. первого ряда скважин к высоте уступа; $\eta'' = 0,75 \div 0,85$ — отношение расстояния между рядами скважин к величине л.н.с.

Формула (9) позволяет приблизительно определить рациональную высоту уступа, исходя из технологических параметров работы экскаватора. При работе на скальных породах экскаватором типа прямая механическая лопата высота уступа принимается не более 1,5 максимальной высоты черпания экскаватора. При этом высота уступа увязывается с буровзрывными работами, поскольку учитывается ширина развала горной массы после взрыва и не рассматривается влияние высоты уступа на технико-экономические показатели буровзрывных работ.

При исследовании рациональной высоты уступа с точки зрения интенсификации выемки полезных ископаемых установлено, что самая высокая производительность погрузочно-транспортного оборудования достигается при высоте уступа 8—10 м. По условиям безопасной и эффективной работы погрузочно-транспортного оборудования принята высота уступа 10—15 м.

§ 94. Конструкция заряда

Наиболее распространенными зарядами на карьерах являются удлиненные, которые по сравнению с сосредоточенными имеют следующие преимущества: меньший объем работ по созданию полости для размеще-

Рис. 81. Конструкция заряда с воздушными промежутками при высоте уступа 10–15 м:
1 — дополнительный заряд; 2 — воздушный промежуток; 3 — основной заряд

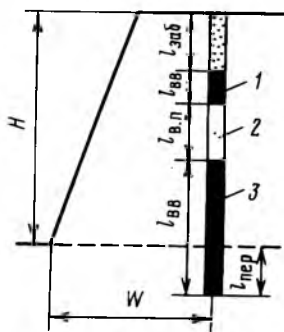
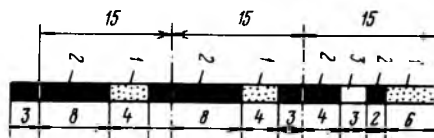


Рис. 82. Конструкция заряда с воздушными промежутками при взрывании высоких уступов (размеры в м)



ния заряда; меньшая трудоемкость заряжания; более равномерное распределение заряда по массиву. До недавнего времени основной конструкцией заряда на карьерах являлся сплошной колонковый заряд.

В то время как вблизи заряда происходит интенсивное переизмельчение, отбойка горной массы сплошными колонковыми зарядами сопровождается максимальным выходом негабарита. После взрыва заряда вблизи него образуется большой объем мелкоизмельченной породы. Переизмельчение вблизи заряда происходит в основном вследствие высокого давления газообразных продуктов взрыва в зарядной камере. Такая неравномерность дробления отрицательно сказывается на дальнейшей переработке взорванной горной массы. Для более равномерного дробления горной массы акад. Н.В. Мельников и д-р техн. наук Л.Н. Марченко предложили конструкцию заряда с воздушными промежутками. Заряды разделяются на две или несколько частей, между которыми оставляются воздушные промежутки (рис. 81). Создание в скважине воздушных промежутков изменяет характер действия взрыва в твердой среде: значительно снижается пиковое давление взрыва и тем самым сокращается переизмельчение породы вокруг заряда; увеличивается время активного воздействия взрыва вследствие того, что газы верхней части заряда запирают газообразные продукты взрыва нижней части заряда; происходит интерференция волн напряжений в массиве от нижнего и верхнего зарядов.

Воздушный промежуток является как бы компенсатором, который снижает давление в первоначальный период. Благодаря такому изменению параметров взрывного импульса доля энергии, идущей на местное переизмельчение, уменьшается и используется на дробление в удаленной

Если при применении рассредоточенных зарядов длина воздушного промежутка превышает 3,5—4 м, следует заряд рассредоточивать на несколько частей. Масса верхней части заряда принимается 0,25—0,35 общей массы заряда.

На высоких уступах в обводненных забоях рассредоточение зарядов 2 осуществляется инертной забойкой 1, а в сухих — воздушным промежутком 3 (рис. 82). Основные части рассредоточенного заряда рекомендуется размещать на уровне отметок уступов, что обеспечивает интенсивное дробление руды и облегчает работу экскаваторов на каждом горизонте.

На ряде карьеров применяется несколько видоизмененная конструкция заряда: воздушный промежуток размещается между зарядом и забойкой.

Конструкция заряда должна предусматривать дифференцированное распределение энергии взрыва по высоте уступа. Это в значительной степени достигается в результате применения комбинированных зарядов и изменения диаметра скважины по высоте. При применении комбинированных ВВ с высокой объемной концентрацией энергии в нижней части скважины, а с меньшей — в верхней.

На карьерах с крепкими породами широко применяют комбинированные заряды с различным соотношением алюмотола и тротила в нижней части скважины и граммонитов — в верхней, а в породах средней и ниже средней крепости — граммониты в нижней части и гранулиты и игданиты — в верхней. Применение комбинированных зарядов улучшает дробление и снижает затраты на взрывные работы.

При огневом бурении создаются условия для изменения диаметра скважины по высоте уступа (рис. 83). При бурении скважин иногда в нижней части размещаются крепкие породы (рис. 83, а). В этом случае в нижней части увеличивается диаметр буримой скважины. При сложном

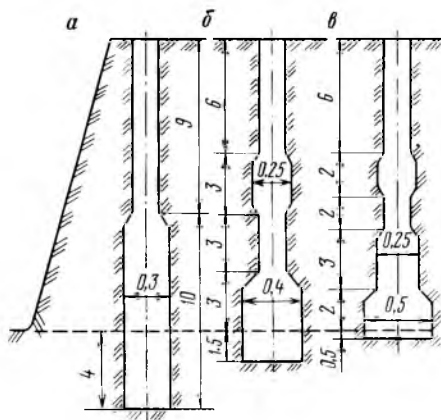


Рис. 83. Схемы вариантов увеличения диаметра скважины при огневом бурении в зависимости от крепости пород (размеры в м)

напластовании, когда на уступе имеется два пласта крепких пород (рис. 83, б) или три пласта (рис. 83, в), может быть сделано два—три уширения скважины. Это приводит к улучшению дробления и повышению общих технико-экономических показателей буровзрывных работ.

Рассмотренные выше материалы показывают, что изменение конструкции скважинного заряда представляет широкие возможности для управления процессом разрушения горных пород взрывом. В связи с этим скважинные заряды, применяемые на карьерах, классифицируются в три группы в зависимости от факторов, определяющих временные и энергетические показатели взрывного импульса.

К первой группе относятся скважинные заряды, в которых изменение временных характеристик взрывного импульса достигается изменением пространственного расположения скважин и рассредоточением зарядов в них: вертикальные (рис. 84, а) и наклонные скважинные заряды (рис. 84, б), заряды, рассредоточенные инертными материалами (рис. 84, в), воздушными промежутками (рис. 84, г). Скважинные заряды этой группы в настоящее время наиболее широко применяют на карьерах.

Ко второй группе относятся скважинные заряды, в которых энергетические и силовые параметры импульса изменяются подбором типа ВВ, рационального положения детонатора и применения сближенных скважин: сплошной комбинированный заряд (рис. 84, е), в котором в нижней части размещено ВВ с большой энергией взрыва, зачастую это водоустойчивые ВВ; сплошной или рассредоточенный заряд с нижним или двусторонним инициированием (рис. 84, д) и сближенные скважины (рис. 84, ж), заряды которых имеют значительную энергию взрыва вследствие большого количества ВВ.

Комбинированные заряды широко применяют в обводненных и слабообводненных карьерах. Их достоинство заключается в хорошем сочетании водоустойчивости и увеличенного запаса энергии взрыва в нижней части уступа. Их применяют при наличии определенного ассортимента разных пород.

Скважинные заряды с нижним и двусторонним инициированием обеспечивают благоприятное развитие поля напряжения и равномерное разрушение всего массива.

Сближенные скважины имеют вспомогательное значение и применяются в трудновзрываемых породах в первом ряду при многорядном взрывании.

К третьей группе относятся скважинные заряды, в которых изменение энергетических и силовых параметров импульса достигается путем изменения формы зарядной полости. К ней относятся плоские скважинные заряды (рис. 84, з), скважинные заряды со сферическим котлом в области труднодробимого пласта (рис. 84, и), котловые скважинные заряды цилиндрической формы (рис. 84, к), скважинные заряды с системой сферических котлов (рис. 84, л) и конусообразной формы (рис. 84, м). Эти заряды широко применяются в промышленности и

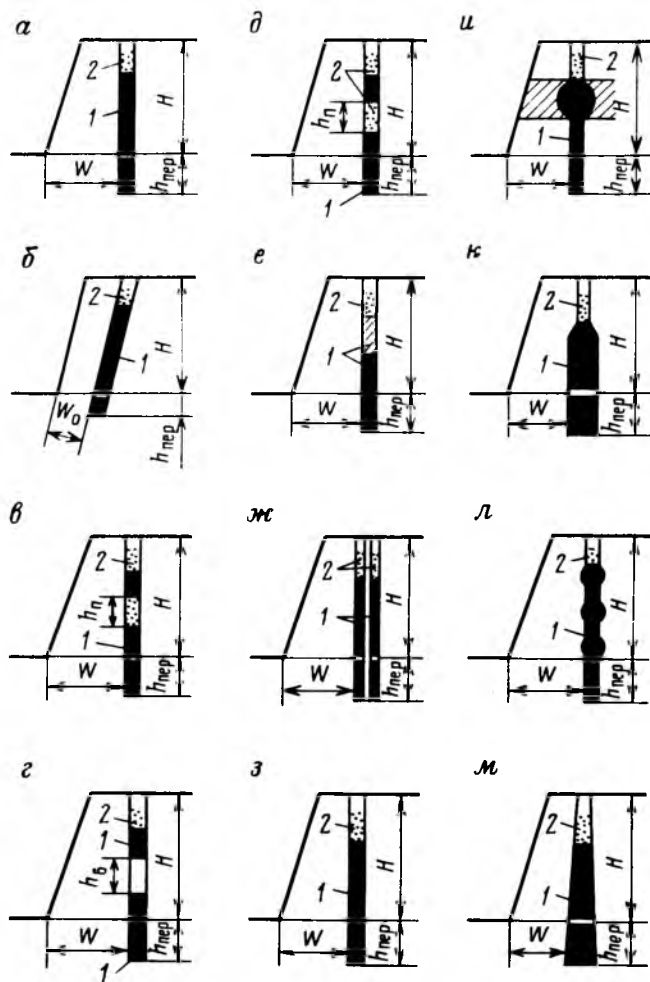


Рис. 84. Основные конструкции скважинных зарядов для открытых горных работ: 1 — ВВ; 2 — забоечный (инертный) материал; $h_{\text{п}}$ — инертный промежуток; $h_{\text{в}}$ — воздушный промежуток; H — высота уступа; W — л.н.с.; W_0 — л.н.с. при наклонном бурении скважин

есть все основания предполагать еще более широкое применение их в будущем, так как они позволяют в значительных пределах управлять дроблением горных пород.

§ 95. Забойка и ее размеры

Для удержания продуктов взрыва в зарядной полости выше заряда размещается забойка, которая на карьерах изготавливается из отходов дробильных цехов или песка.

Забойка предотвращает потери энергии при детонации ВВ, способствуя полноте детонации и высвобождению максимальной доли потенциальной энергии ВВ, а также завершению вторичных реакций в продуктах детонации, повышающих энергию взрыва; увеличивает длительность поршневого действия продуктов взрыва и длительность напряженного состояния породы под воздействием взрыва; способствует уменьшению количества ядовитых газов в продуктах взрыва, что очень важно для глубоких труднопроветриваемых карьеров; препятствует образованию сильной ударной волны в воздухе.

В большинстве случаев длина забойки составляет 0,5–0,7 л.н.с. Установлено, что забойка не запирает плотно продукты взрыва в скважине и частицы забойки различной массы и размера движутся с различными скоростями. Рациональная длина забойки в значительной степени определяется физико-механическими свойствами пород и трещиноватостью массива. Длина забойки должна быть такой, чтобы утечки в трещины стенок скважины не превышали утечку через забойку. Дальнейшее увеличение длины забойки нецелесообразно, это не сказывается на улучшении дробления, поскольку основные утечки происходят через стенки скважины. Так как с увеличением длины забойки верхняя часть уступа оказывается удаленной от заряда и плохо дробится, длину забойки следует принимать такой, чтобы величина утечек продуктов взрыва через забойку не превышала утечек через стенки скважин. Длина забойки может быть уменьшена при одновременном улучшении ее качества.

Материал для забойки следует принимать более плотным, так как более плотные частицы хуже увлекаются газовым потоком, вылетают с меньшей скоростью и дольше сохраняют первоначальное высокое сопротивление движению газового потока.

Для скважинных зарядов диаметром 200–300 мм можно рекомендовать следующие величины забойки в зависимости от трещиноватости массива: в сильнотрещиноватых породах — 0,15–0,2 длины скважины при уступе высотой до 15 м и 2–3 м при уступе свыше 15 м; в породах средней трещиноватости — 0,2–0,3 длины скважины при уступе высотой до 15 м и 4–5 м при уступе свыше 15 м. Максимальные коэффициенты относятся к минимальным высотам уступов.

Забойка заряженных скважин на карьерах осуществляется в настоящее время забоечными машинами, что обеспечивает значительное повышение производительности труда и снижает стоимость забоечных работ в сравнении с ручной забойкой.

При использовании зарядов с воздушными промежутками, учитывая, что газы дополнительного заряда запирают газообразные продукты взрыва основного, длина забойки может быть уменьшена на 20–30 %.

Установлено, что крупнозернистая забойка из смеси 60 % щебня фракции 20–25 мм с песком является наиболее прочной. Следовательно, величину забойки из такого материала можно уменьшить (не снижая эффект взрыва), что позволит в большей степени рассредоточить заряд.

Для скважинных зарядов диаметром 200–250 мм в породах с $f = 15 \div 16$ при высоте уступа 12–15 м можно рекомендовать длину крупнозернистой забойки в пределах 2–3 м, что хорошо согласуется с данными, полученными на основании расчетных формул.

Различают полную и неполную забойку. При полной забойке все свободное пространство над зарядом заполняют забоечным материалом до устья скважины. При неполной забойке заполняют от 1/3 до 1/2 незаряженного объема скважины. Неполную забойку выполняют введением в скважину бумажного пыжа на глубину 50–70 см от устья и заполнением нормальной забойкой оставшегося пространства. Повышенный разлет кусков породы не позволяет широко применять неполную забойку зарядов.

На ряде карьеров испытан в качестве забойки взрыв небольшого запирающегося заряда (10–20 кг), размещаемого в устье скважины на расстоянии 2–4 м от верха основного заряда. Установлено, что при этом качество взрыва не ухудшается, а трудоемкость забоечных работ на блоке сокращается до минимума.

§ 96. Расчет величины заряда

Масса скважинного заряда определяется по формуле

$$Q = qaWH,$$

где q — расчетный удельный расход ВВ, кг/м³; a — расстояние между зарядами, м; W — расчетное с.п.п., м; H — высота уступа, м.

Удельный расход ВВ определяют по таблицам расхода ВВ для данных пород, определенных в результате обобщения опытных взрывов и введения поправочных коэффициентов на условия взрывания. Принятие поправочных коэффициентов обусловлено тем, что с изменением высоты уступа от 10 до 35 м вследствие лучшего использования энергии взрыва удельный расход ВВ можно уменьшить на 15–20 %, то же относится к поправочному коэффициенту по изменению степени сближения зарядов.

При расчете скважин врубового ряда необходимо ввести дополнительный коэффициент, учитывающий условия взрывания скважинного заряда. Поэтому в общем виде расчетный удельный расход ВВ

$$q = q_{\tau} k_1 k_2 k_3,$$

где q_{τ} — табличное значение удельного расхода ВВ для данного типа пород, устанавливается в процессе обобщения опытных взрывов, кг/м³ (при эксплуатации месторождения вместо табличного удельного расхода ВВ принимают фактический, установленный на основании опытных

данных); k_1 — коэффициент, учитывающий возможность уменьшения удельного расхода ВВ при взрывании высоких уступов (при $H = 10 \div 15$ м принимается равным 1, а при $H = 30 \div 35$ м — 0,8–0,85); k_2 — коэффициент, учитывающий степень сближения зарядов (при $m = a/W = 0,8 \div 1,5$ $k_2 = 1$, а при $m = 0,5$ $k_2 = 1,2$); k_3 — поправочный коэффициент для определения фактического удельного расхода ВВ в скважинах врубового ряда (принимается равным 1,1–1,2 в зависимости от типа вруба).

При определении фактического удельного расхода ВВ в начальный период эксплуатации месторождения исходят из удельных расходов ВВ в зависимости от типа пород, а затем уточняют их в период производства взрывных работ в зависимости от свойств пород и объемной концентрации энергии.

При проектировании буровзрывных работ на карьерах следует руководствоваться величинами эталонных расходов ВВ (аммонита 6ЖВ) с учетом крепости и трещиноватости взрывааемых пород (при размере кондиционных кусков +500 мм). Поправка для перехода к другим максимальным размерам куска должна определяться $k_k = d_{1...x}$.

Удельный расход ВВ при многорядном взрывании принимают по первому ряду скважин из табл. 8, а по второму и последующим рядам увеличивают на 5–10 % в породах I–III категории трещиноватости, на 10–15 % в породах IV–V категории.

§ 97. Метод камерных зарядов

Заряды массой от нескольких тонн до нескольких тысяч тонн, помещенные в специальные выработки (камеры), называют камерными.

Метод камерных зарядов на современных карьерах применяют редко (для рыхления горной массы при нарезке новых горизонтов на косогоре). С усовершенствованием машин для бурения скважин на наклонных площадках его значение при подготовке горной массы еще более ограничивается. Метод камерных зарядов широко применяют для образования траншей, котлованов, каналов и т.д. Этот метод весьма эффективен при вскрытии месторождений полезных ископаемых большой мощности, когда требуется снять большие объемы покрывающих пустых пород.

Наличие больших количеств ВВ в одном заряде требует особого внимания и осторожности при ведении взрывных работ камерными зарядами. Взрывные работы при методе камерных зарядов выполняют по специальному проекту, составляемому на каждый взрыв, и под непосредственным руководством инженера, ответственного за проведение взрыва. В первую очередь с помощью инструментальной съемки размечают места расположения зарядных полостей и выбирают тип подготовительных выработок. Тип подготовительных выработок определяется характером самого взрыва.

При методе массовых обрушений применяют в основном штольни с боковыми выработками, проводимые параллельно плоскости откоса

уступа. Эти выработки являются основными. От них в сторону плоскости откоса уступа проводят зарядные камеры. Такое расположение зарядов ВВ применяют в том случае, когда высота уступа превышает 15 м. При высоте уступа менее 15 м иногда применяют вертикальные минные шурфы с горизонтальными выработками и камерами (рис. 85, а) и штольни (рис. 85, б). Для рыхления породы при проходке траншей подшву камеры располагают ниже отметки горизонта траншей.

Метод камерных зарядов (особенно массовые взрывы на выброс и сброс) при благоприятных условиях весьма эффективен, так как в относительно небольшое время позволяет перемещать огромные массы пород.

Взрывание на выброс и сброс характеризуется применением зарядов усиленного выброса, когда масса породы выбрасывается (сбрасывается), образуя готовую выемку (траншею, канал) или свободную площадку для последующих работ. При методе малокамерных зарядов ВВ размещают в горизонтальных или слегка наклонных выработках (рукавах), пройденных во взрываемых породах (рис. 86). Высота уступа при этом не превышает 9 м, а в подошве уступа, как правило, имеется прослойка слабых пород, что дает возможность сравнительно легко пройти рукава для заложения заряда. Длина рукава должна быть 0,5—0,85 высоты уступа, но не более 5 м. Сечение $0,2 \times 0,5 \times 0,5$ м. На современных карьерах этот метод применяется крайне редко.

Метод камерных зарядов на рыхление (массовых обрушений) иногда применяют при весьма значительном объеме одновременно обрушаемой горной массы. Ограниченное применение его объясняется тем, что сосредоточенность заряда приводит к неравномерному дроблению породы и дополнительным расходам на вторичные буровзрывные работы. Наиболее успешное рыхление горного массива достигается в породах мелкослоистых, имеющих нарушения и способных измельчаться при падении, или когда допустимы крупные габариты взорванной массы.

Основным достоинством метода является возможность одновременно взрывать большие объемы горной массы, что обеспечивает продолжительную работу экскаваторов, а для проходки подготовленных выработок не требуется сложного бурового оборудования. При мелко-трещиноватой структуре пород взрыв камерных зарядов сопровождается равноценным и хорошим дроблением. Вместе с тем этот метод имеет существенные недостатки, к числу которых относятся: трудоемкость проходки шурфов, штолен и камер, увеличенный радиус разлета кусков породы от взрыва, повышенный выход негабарита и неравномерное дробление породы.

При массовых обрушениях в качестве подготовительных выработок применяют преимущественно штольни. Заряды ВВ размещают в зарядных камерах. Сечение выработок должно быть удобным для перемещения людей, занятых на доставке ВВ и заряджании камер. Обычно подготовительные выработки проводят сечением $1,3 \times 1,6$ м для штолен и $1,0 \times 1,2$ м для шурфов. Форма сечения штолен и штреков трапецевид-

Рис. 85. Отбойка уступа взрывом камерного заряда

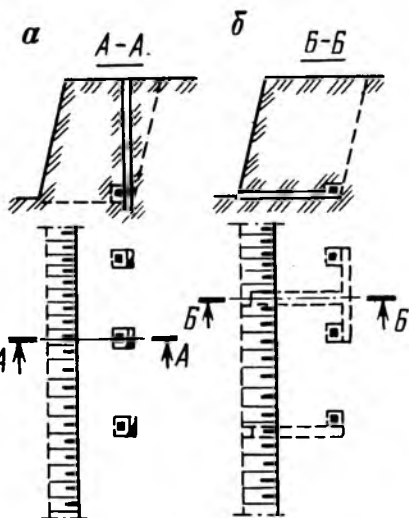
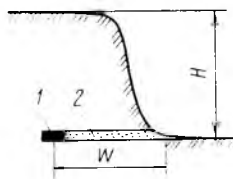


Рис. 86. Схема взрывания малокамерными зарядами:

1 — заряд ВВ; 2 — забойка



ная. Штольни проводят на уровне подошвы уступа, с некоторым наклоном для стока воды в случае обводненных забоев и горизонтально — в сухих условиях.

Зарядные камеры располагают выше подошвы подготовительных выработок. Объем камеры должен быть равен, или больше объема рассчитанного для нее заряда ВВ и определяется по формуле

$$V_k = Qk_v / \Delta,$$

где V_k — объем зарядной камеры в черне, m^3 ; Q — масса помещенного в камеру заряда ВВ, т; Δ — плотность заряжения, t/m^3 ; $k_v = 1,1 \div 1,5$ — коэффициент для учета фактического объема крепежного материала, изоляции и тары.

В зависимости от объема обрушаемых пород камерные заряды располагают в один, два или несколько рядов. Выбор места расположения заряда имеет большое значение, так как от него зависит результат взрыва. Величина л.н.с. принимается равной 0,5—0,7 высоты уступа. При многокамерных зарядах, располагаемых в двух или трех параллельных выработках, за л.н.с. принимается расстояние между параллельными выработками (штреками). Расстояние между зарядами принимается обычно в пределах от 0,8 до 1,4 л.н.с.

При неустойчивых или малоустойчивых породах все подводящие к камерам выработки должны быть закреплены. Около камер в шурфах или штольнях делают водосборники для стока воды. В сухих и устойчивых породах зарядные камеры не крепят, но перед заряданием пол выстилают толем или несколькими слоями пергаментной бумаги во избежание увлажнения ВВ от грунта.

ВВ, предназначенное для заряжания камер, размещают на специальных площадках перед камерами, которые по правилам безопасности должны быть устроены на расстоянии не менее 3 м от устья шурфа или штольни.

При заряжании через штольни ВВ переносят к камерам в ящиках или мешках, а иногда доставляют конвейером или специально оборудованными вагонетками. При заряжании камер в шурфах ВВ в камеру можно доставлять: через специальные скважины (заряды особо большой величины); с помощью пневмотранспорта; по специальному желобу; на веревках или с помощью подъемных устройств и механизмов.

На результат взрыва существенно влияют длина подготовительных выработок и качество их забойки. ВВ и боевики в камере размещают по заранее установленной схеме. Число боевиков принимают в зависимости от величины заряда в камере, но не менее двух. К электропроводам или ДШ необходимо прикрепить бирку с указанием номера камеры, а при электрическом взрывании — омического сопротивления.

Массу зарядов при методе камерных зарядов можно определять по формуле

$$Q = qV_3 = qWHa, \quad (10)$$

где q — удельный расход ВВ для зарядов рыхления, кг/м³; V_3 — объем породы, взрывающей одним зарядом, м³.

В реальных условиях, когда $H = W$, а расстояние между зарядами принимается равным W , формула (10) с учетом условий работы заряда примет вид:

$$Q = qW^3 e m k_3,$$

где W — л.н.с., м; e — коэффициент относительной работоспособности ВВ; $m = 0,8 \div 1,2$ — коэффициент сближения зарядов; $k_3 = 1 \div 1,3$ — коэффициент зажима.

§ 98. Взрывание на выброс

Сущность взрывания на выброс заключается в применении усиленных зарядов, расположенных таким образом, что при взрыве не только разрушается порода, но и происходит выброс большей части ее за пределы бортов выемки.

В последние годы успешно применяют направленный сброс взрывом грунта для сооружения перемычек и плотин при гидротехническом строительстве. Впервые массовые взрывы на выброс и сброс были применены в СССР. Началом применения этих взрывов считается взрыв на выброс в 1931 г., когда на р. Оке был сооружен канал длиной 120 м. В дальнейшем взрыванием на выброс и сброс у нас в стране были вскрыты многие месторождения, а также пройдено множество каналов, траншей и т. д.

Характерным примером массового направленного взрыва на выброс является сооружение противоселевой плотины в урочище Медео в районе г. Алма-Аты, выполненное в 1966 г. Общая масса заряда составила около 5300 т.

Положительной стороной взрыва на выброс является прежде всего возможность использования его в породах любой крепости, а также быстрота подготовки и высокая производительность. Взрывание на выброс применяют для образования выемок, разрезных и выездных траншей на карьерах, дренажных каналов, котлованов, каналов и пр. Для взрывания на выброс характерно применение усиленных зарядов, когда происходит не только дробление породы, но и выброс значительного количества ее за пределы бортов выемки. Степень выброса зависит от величины показателя действия взрыва, т.е. чем больше показатель действия взрыва, тем меньший объем породы падает обратно в выемку.

Взрывание на выброс включает: двусторонний направленный выброс породы по бортам выемки с однорядным или многорядным расположением зарядов (рис. 87, а) и односторонний направленный выброс с двухрядным (рис. 87, б) или многорядным расположением зарядов. Во втором случае основная часть породы располагается в заданном направлении.

Основным в организации взрывных работ на выброс является вопрос размещения зарядов и определения их величины для заданных условий. Размещение зарядов и расчет их характеризуется тем, что при взрывании на выброс применяются усиленные заряды с показателем действия взрыва $h = 2 \div 3$. Заряды рассчитываются по формуле М.М. Борескова, которая справедлива только при $W \leq 25$ м. При большем ее значении следует ввести поправку проф. Г.И. Покровского.

За линию наименьшего сопротивления (W) принимают расстояние от центра заряда до открытой поверхности по нормали. Расстояние (в м) между зарядами в соответствии с выбранным значением определяют по формуле

$$a = 0,5W(n + 1).$$

Расстояние между рядами принимают тоже равным a . При многорядном расположении зарядов ширина (в м) выемки поверху определяют по формуле

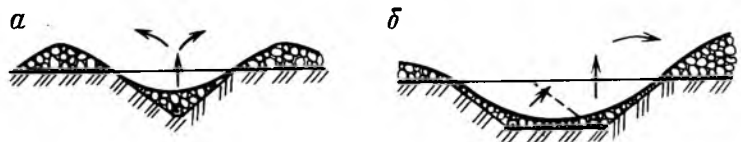


Рис. 87. Схема направленного действия взрыва зарядов выброса:

а — двусторонний; б — односторонний

ется по формуле

$$B_{\text{в}} = 2nW + a(m - 1),$$

где m — число рядов зарядов.

Ширина выемки понизу

$$B_{\text{в}} = a(m - 1).$$

При направленном одностороннем выбросе величина n зарядов того ряда, который наиболее удален от направления выброса, должен быть больше на $0,5n$ зарядов другого ряда.

Расстояние между рядами зарядов при направленном выбросе должно соответствовать следующему условию: расчетная линия наименьшего сопротивления каждого заряда, взорванного с замедлением, должна быть перпендикулярна открытой поверхности, образуемой взрывом зарядов предыдущего ряда.

Достоинством взрывов на выброс следует считать возможность применения в породах любой крепости, быстроту подготовки и сжатые сроки выполнения, высокую производительность и возможность применения в районах, лишенных источников энергоснабжения. Основным недостатком является высокая себестоимость, в 1,5–2 раза превышающая себестоимость выемки экскаватором (большой расход и стоимость ВВ). Кроме того, при взрывах на выброс не вся масса грунта из выемки выбрасывается. Необходимы дополнительные работы после взрыва для получения заданного профиля выемки.

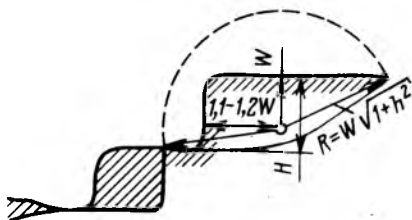
§ 99. Взрывание на сброс

Взрывание на сброс (рис. 88) является частным случаем взрыва с направленным выбросом. В отличие от работы зарядов при взрыве на выброс при этом методе взрывания (заряды работают при двух открытых поверхностях) действие взрыва направлено горизонтально.

Чаще всего этот метод применяют при вскрытии месторождений полезных ископаемых для снятия покрывающих пород и сброса большей части их в выработанное пространство или естественную выемку (используется рельеф местности — косогоры, крутые склоны и др.). При взрывании на сброс требуется, чтобы вскрываемый пласт полезного ископаемого не был поврежден взрывом. Для этого над пластом оставляют предохранительную подушку до 2 м толщиной.

Объем породы, сброшенной взрывом, зависит от угла откоса, устойчивости пород косогора, глубины заложения заряда, показателя действия взрыва и пр. При взрыве на сброс заряды располагают параллельно линии забоя в один или два ряда. В отличие от взрывов на выброс в данном случае заряды работают при двух открытых поверхностях. Расстояние между зарядами принимают таким же, как и при взрыве на выброс. При расположении зарядов в один ряд для эффективного действия взры-

Рис. 88. Взрыв зарядов на сброс



ва требуется размещать заряды от забоя на расстоянии 1,1–1,2 л.н.с.

Показатель выброса 1,25–1,75 зависит от конфигурации массива, требуемых размеров выемки и дальности разброса породы. Для второго ряда зарядов показатель должен быть на 0,25–0,5 больше, чем для зарядов первого ряда.

Расстояние между зарядами $a = 5W(n + 1)$. Масса заряда рассчитывается по формуле М.М. Борескова.

§ 100. Метод котловых зарядов

Метод котловых зарядов (шпуровых и скважинных) в настоящее время применяется редко. Его применение оправдано лишь в тех случаях, когда при заданной глубине шпура или скважины расчетный заряд ВВ не может быть полностью размещен, а также при блочной структуре взрывааемых пород.

Котловые заряды применяют в мелкотрещиноватых породах с высоким коэффициентом простреливаемости (рис. 89). В крепких породах с низким коэффициентом простреливаемости этот метод применять нецелесообразно из-за резкого увеличения числа прострелов.

Для расчета котловых зарядов может быть применена формула

$$Q = qW^3 \left(\frac{W + 1}{2W} \right)^{3/2}$$

Масса заряда для прострела скважин (шпуров) устанавливается в каждом конкретном случае опытным путем. Ориентировочно массу прострелочного заряда рассчитывают по формуле

$$Q_{\text{пр}} = \frac{a}{\Delta k_{\text{пр}}}$$

где Δ — плотность заряжания основного заряда ВВ, кг/дм³; $k_{\text{пр}}$ — показатель простреливаемости пород, дм³/кг;

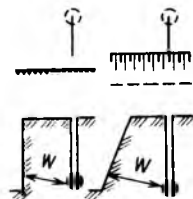


Рис. 89. Схема взрывания котловыми зарядами

$$k_{\text{пр}} = V_{\text{к}} / Q_{\text{пр}},$$

где $V_{\text{к}}$ — объем котла, дм^3 .

Достоинства метода: намного сокращаются буровые работы и повышается эффективность взрывных работ. Недостатки: неравномерность дробления (из-за сосредоточенности ВВ в отдельных участках массива) и образование заколов на уступе.

Для лучшего дробления породы котловые заряды применяют в комбинации со сплошными или рассредоточенными колонковыми зарядами. На карьере ЮГОКа была опробована система сосредоточенных (котловых) зарядов, расположенных в котловых расширениях вдоль оси скважины малого диаметра.

Расширения могут быть созданы механическим расширителем, взрывным способом или станком огневого бурения. Диаметр камер или котлов для сосредоточенных зарядов должен составлять не менее двух диаметров основной скважины, высота — не более пяти диаметров котловой полости, расстояние между полостями — 1–1,5 высоты котловой полости. Число сосредоточенных зарядов вдоль оси скважины определяется удельным расходом ВВ и высотой взрываемого уступа. При концентрации зарядов в котлах указанных размеров их действие можно уподобить действию сферических зарядов.

Глава XVI

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ КУСКОВАТОСТЬЮ ГОРНЫХ ПОРОД ПРИ ДРОБЛЕНИИ ИХ ВЗРЫВОМ

§ 101. Влияние качества буровзрывных работ на технико-экономические показатели работы карьера

Качество дробления горной массы взрывом определяется несколькими показателями: выходом негабарита, гранулометрическим составом и характером развала горной массы после взрыва. До последнего времени основной характеристикой качества дробления горных пород взрывом считали выход негабарита. В связи со значительными успехами в области управления взрывом в настоящее время, например, в Кривбассе выход негабарита по бассейну не превышает 0,5 %.

В связи с применением конвейерного транспорта для доставки руд на фабрику качество дробления должно соответствовать этому виду транспорта: средний кусок не должен превышать максимального размера в ребре 500 мм.

Технико-экономические показатели работы экскаваторов до и после применения новых методов управления взрывом на карьере ЮГОКа

Метод взрыва	Взрывание на подобранный уступ	Взрывание на неубранную горную массу
Число экскаваторов в работе:		
на руде:	8,3	9,3
на породе	3,5	11,1
Среднегодовая производительность экскаваторов, тыс. м ³ :		
по руде	332	1030
по породе	464	1045
Производительность экскаватора на 1 м ³ емкости ковша в год, тыс. м ³ :		
по породе	120,5	230,8
по руде	105,0	227,1
Коэффициент полезного использования инвентарного парка экскаваторов на погрузке	0,324	0,414
Годовая производительность одного рабочего рудника по руде, т	9636	23450

Технико-экономические показатели работы железнодорожного транспорта до и после применения новых методов управления взрывом на карьере ЮГОКа

Метод взрыва	Взрывание на подобранный уступ	Взрывание на неубранную горную массу
Протяженность железнодорожных путей в карьере, км	17,4	296,0
в том числе передвижных	16,1	70,0
Число электровозов на вывозке горной массы	16	46
Объем путевых работ (снято и переуложено), км	162,5	339,8
Отгружено горной массы на 1 км переукладки железнодорожного пути, тыс. м ³	5483,1	22205,5
Сменная производительность одного электровоза по горной массе, т · км	3118	16370

На карьере ЮГОКа выход негабарита уменьшился в 10–15 раз, средний размер куска в 5–7 раз, а выход фракции с максимальным ребром более 500 мм в 3–5 раз. Установлено, что улучшение качества дробления горных пород при взрывании в зажатой среде значительно увеличивает производительность экскаваторов.

Новые методы управления взрывом позволяют применить новую технологию добычи руды с использованием конвейерного транспорта, которая позволит в 2,5–3 раза повысить эффективность горных работ и на 30 % снизить себестоимость добычи руды. Непрерывное совершенствование методов управления взрывом обеспечивает дробление горных пород до заданного предела при более низкой себестоимости взрывных работ.

§ 102. Классификация современных методов регулирования дробления горных пород взрывом

Взрывной импульс характеризуется двумя параметрами — максимальным давлением на фронте волны и продолжительностью действия взрывного импульса. Так как максимальное давление зависит от типа ВВ, управление дроблением целесообразно рассмотреть с позиции управления его одним параметром — продолжительностью приложения взрывного импульса к разрушаемой среде. Исходя из изменения продолжительности действия взрывного импульса, современные методы управления дроблением горных пород можно разделить на пять групп. Классификация методов управления дроблением горных пород на карьерах по фактору продолжительности действия взрывного импульса приведена в табл. 47.

Таблица 47

Классификация методов управления взрывом

Пути увеличения продолжительности действия взрывного импульса на среду	Метод	Условия применения
Увеличение зоны химической реакции ВВ	Использование гранулированных ВВ, имеющих удлиненную зону химической реакции	На всех карьерах
Совершенствование конструкции заряда	Взрывание зарядов с воздушными промежутками	То же
То же	Применение комбинированных зарядов с большим запасом энергии в нижней части скважины. Размещение боевиков в нижней части заряда	В обводненных забоях
Обеспечение разновременности взрывания отдельных зарядов или частей зарядов	Однорядное короткозамедленное взрывание	На карьерах небольшой производственной мощности при одновременном взрыве небольшого числа скважин
	Многорядное короткозамедленное взрывание	На карьерах большой производственной мощности
То же	Внутрискважинные короткие замедления	На карьерах при электрическом взрывании или наличии специального ДШ
Совершенствование параметров буровзрывных работ	Применение скважин большого диаметра (280—320 мм) с котловыми расширениями в нижней части	В породах; имеющих большие скорости развития трещин при взрыве (известняки, джеспилиты и др.)

Пути увеличения продолжительности действия взрывного импульса на среду	Метод	Условия применения
То же Выбор условий взрывания и последовательности взрывания отдельных зарядов	Взрывание высоких ступов Взрывание в зажатой среде с продольным врубом. Взрывание в зажатой среде с поперечным врубом. Применение схем взрывания, обеспечивающих зажатие среды при взрыве без подпорной стенки (радиальные, клиновые, трапецевидные, фланговые и др.)	На железорудных карьерах В породах с высокими упругими свойствами. Для случая, когда не допускается смещение горной массы при взрыве

§ 103. Выбор типа взрывчатого вещества

При выборе типа ВВ необходимо учитывать физико-механические свойства горных пород, обводненность забоев и необходимую механизацию заряжения скважин.

При взрывании пород с коэффициентом крепости $f = 4 \div 12$ в сухих забоях необходимо применять гранулированные ВВ типа игданита, гранулита и граммонита. Они имеют широкую зону химической реакции и в этих породах обеспечивают высокую степень дробления пород.

При взрывании пород с коэффициентом крепости $f = 10 \div 16$ в сухих забоях рекомендуется применять граммониты, а в верхней части гранулиты и игданиты (комбинированные заряды). При взрывании в обводненных условиях нижняя обводненная часть скважины заряжается гранулированным тротилом или алюматолом, а верхняя часть — водоустойчивым граммонитом. Достоинство высокосодержащих ВВ заключается в их повышенной плотности и возможности достижения более высокой объемной концентрации энергии.

Применение ВВ существующего ассортимента наиболее полно отвечает требованию растягивания действия взрывного импульса при взрыве одного заряда и регулирования объемной концентрации энергии ВВ.

§ 104. Влияние конструкции заряда и его формы на дробление пород

Конструкция заряда и форма его оказывают значительное влияние на продолжительность действия взрывного импульса на среду. Работами акад. Н.В. Мельникова и д-ра техн. наук Л.Н. Марченко доказано, что

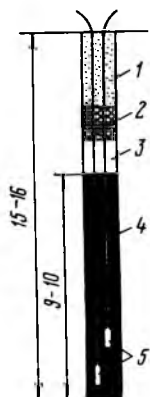


Рис. 90. Конструкция зарядов с воздушными промежутками между зарядом и забойкой (размеры в м) :

1 — забойка; 2 — пробка из бумажных мешков; 3 — воздушный промежуток; 4 — заряд ВВ; 5 — боевики

в случае применения рассредоточенного заряда с воздушным промежутком происходит запирание продуктов детонации основного заряда. Это приводит к удлинению действия взрыва на массив. В настоящее время могут быть широко рекомендованы конструкции зарядов с воздушными промежутками между зарядами (см. рис. 81) и между зарядом и забойкой (рис. 90).

На параметры волны напряжения существенно влияет форма поперечного сечения заряда. Доказана эффективность применения плоских зарядов, которые снижают потери волны напряжений вследствие геометрического расхождения и повышают качество дробления. Плоский заряд может быть приближенно получен в щелевых, плоских и парносближенных скважинах.

§ 105. Однорядное короткозамедленное взрывание

Одним из методов регулирования кусковатостью является однорядное короткозамедленное взрывание, при котором удлинение продолжительности действия взрывного импульса на массив достигается вследствие разновременности двух соседних зарядов.

Однорядное короткозамедленное взрывание по сравнению с мгновенным имеет следующие преимущества: уменьшает заколообразования, улучшает дробление, уменьшает число негабаритных блоков, облегчает работу буровых станков и обеспечивает устойчивость бортов карьеров.

Уменьшение развала горной массы в 1,3—1,5 раза позволяет выполнять взрывные работы на карьере без предварительного демонтажа железнодорожного пути и уменьшает затраты времени на непроизводительную работу экскаватора по подборке породы после взрыва. Большой развал горной массы при мгновенном взрывании объясняется концентрацией растягивающих напряжений по линии скважин, преждевременным разрушением массива на этом участке, проникновением туда газообразных продуктов взрыва и одновременным смещением массива от всей серии скважин.

При короткозамедленном взрывании вследствие одновременности действия взрывных импульсов развал горной массы уменьшается.

Удельный расход ВВ при однорядном взрывании взаимосвязан с развалом горной массы, поэтому увеличение его в этом случае нецелесообразно, а в определенных условиях даже вредно, если оно увеличивает ширину развала без улучшения дробления. Отсюда появилось понятие предельного удельного расхода ВВ, справедливое только при однорядном взрывании.

Увеличение продолжительности действия взрывного импульса и усиленная интерференция волн напряжения при короткозамедленном взрывании способствуют более эффективному использованию энергии взрыва и позволяют расширить сетку скважин, а также увеличить выход горной массы с 1 м скважины.

При расширении сетки скважин следует стремиться к увеличению коэффициента сближения зарядов. В качестве примера правильного расширения сетки скважин, способствующего увеличению выхода горной массы с 1 м скважины, приведем параметры и основные показатели двух взрывов в одинаковых горно-геологических условиях известнякового карьера Ново-Троицкого рудоправления в Донбассе.

Взрывание	Мгновенное	Короткозамедленное
Высота уступа, м	15	12–13
Сопротивление по подошве	10–15	10–12
Расстояние между зарядами, м	5	9
Коэффициент сближения зарядов	0,3	0,7–0,9
Перебур скважин, м	2	2
Удельный расход ВВ, кг/м ³	0,25	0,215
Выход горной массы с 1 м скважины, м ³	47	90
Выход негабарита	8	3

В условиях Докучаевского флюсодоломитного комбината было установлено, что при однорядном короткозамедленном взрывании выход негабарита при работе экскаватора в первой заходке уменьшается на 20–30 %, в то время как во второй заходке он уменьшается в 2–4 раза. Улучшение дробления горных пород при короткозамедленном взрывании объясняется увеличением продолжительности действия взрывного импульса на массив, интерференцией волн напряжения и соударением горных пород при взрыве. Лучшее использование энергии взрыва дает возможность на 10–20 % уменьшить удельный расход ВВ. Эффективность короткозамедленного взрывания зависит от правильного выбора интервала замедления, параметров расположения скважин и выбора схемы соединения зарядов. На карьерах применяют схемы взрывания зарядов через один (рис. 91, а), с односторонним врубом (рис. 91, б) и последовательную (рис. 91, в). Выбор схемы взрывания зарядов зависит от физико-механических свойств взрывае-
мых пород, параметров скважин и других факторов.

Когда необходимо взорвать мелкотрещиноватые легкодробимые

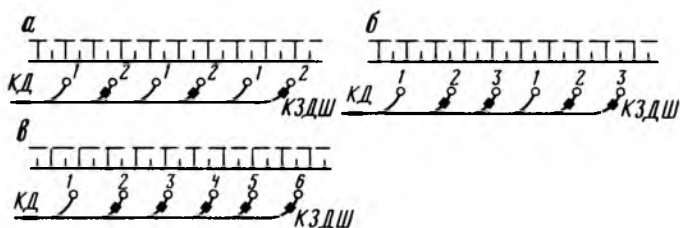


Рис. 91. Схемы соединения зарядов при однорядном короткозамедленном взрывании:

1 — 6 — очередность взрывания

породы с минимальным разбросом, рекомендуется применить схему соединения зарядов через один, которая обеспечивает хорошее качество взрыва при одинаковой сетке скважин по длине забоя. Когда сетка скважин неодинаковая и на отдельных участках забоя завышена величина л.н.с., рекомендуется применять последовательную схему соединения зарядов. По этой схеме каждый заряд взрывается по одному, что в одинаковых условиях увеличивает продолжительность действия взрыва на среду, и достигается более интенсивное дробление.

При взрывании крепких монолитных пород рекомендуется применять врубовые схемы соединения зарядов с односторонним врубом, когда взрыв от врубовой скважины развивается в одну сторону, или двусторонним врубом, когда взрыв от врубовой скважины развивается в обе стороны. Эти схемы в монолитных породах обеспечивают соударение горных масс, что способствует более интенсивному дроблению.

Недостатки однорядного короткозамедленного взрывания: оно не обеспечивает значительное уменьшение выхода негабарита при работе экскаватора в первой заходке, и, кроме того, эффект взрыва с замедлением через один обеспечен только в том случае, когда во всех скважинах строго выдержано сопротивление по подошве и расстояние между зарядами. Если эти условия не выдержаны, целесообразно применять последовательную или врубовую схемы соединения зарядов, менее чувствительные к изменению сетки скважин.

При однорядном взрывании значительная часть негабарита выходит из откоса уступа, разбитого трещинами от предыдущего взрыва.

Область применения однорядного короткозамедленного взрывания: малые объемы взрывных работ (например, на гранитных карьерах); незначительная ширина берм; расположение карьера в районе населенного пункта, когда ограничивается масса взрываемых зарядов; при дроблении полезного ископаемого, переизмельчение которого не допускается техническими условиями (известняки, доломиты и др.).

§ 106. Многорядное короткозамедленное взрывание

Этот метод регулирования кусковатостью горных пород широко применяется на карьерах.

Механизм разрушения горных пород при многорядном короткозамедленном взрывании объясняется теорией напряженного состояния массива, вызванного взрывом серии зарядов.

Взрыв заряда первого ряда или врубовых рядов в результате действия газообразных продуктов взрыва на стенки скважины приводит к образованию в массиве волн напряжения, распространяющихся во все стороны. Напряженность массива сохраняется в течение достаточно продолжительного времени. Хотя ее давление на фронте волны со временем падает, однако к моменту взрыва зарядов следующей серии волна напряжений, созданная взрывом предыдущих зарядов, имеет еще значительную величину. За период времени между взрывами двух соседних рядов зарядов в массе развивается система трещин, вызванных действием волн напряжений. Эти трещины для последующего ряда зарядов являются своеобразными поверхностями, способствующими отражению и интерференции волн напряжений и перемещению массива в направлении этих трещин.

Взрыв зарядов последующего ряда в развитие вызванной им волны напряжений происходит в момент, когда массив еще находится в напряженном состоянии в результате взрыва зарядов предыдущего ряда. Взаимодействие волн напряжений способствует интенсивному дроблению среды вокруг зарядов второго ряда. Наряду с этим волна напряжений взрыва зарядов последующего ряда в значительной степени распространяется на массив первого ряда, что значительно увеличивает продолжительность действия взрыва на массив и способствует улучшению его дробления. Применение многорядного взрывания исключает выход негабарита во втором и последующих рядах, так как к моменту последующих взрывов трещины не успевают раскрыться до величины, полностью локализующей прохождение волн напряжений.

Важным фактором, способствующим улучшению дробления взрываемого массива, является соударение горных масс в процессе разрушения при применении различных схем взрывания. При многорядном взрывании положительное влияние на интенсивность дробления пород оказывает увеличение удельного расхода ВВ. Энергия ВВ при многорядном взрывании вследствие условий зажима в значительно меньшей степени расходуется на развал горной массы и в основном расходуется на дробление. Поскольку при многорядном взрывании энергия взрыва расходуется на многократное образование волны напряжений в среде и обеспечивает интенсивность соударения, степень дробления определяется количеством ВВ или удельным его расходом. Таким образом, увеличение удельного расхода ВВ при многорядном взрывании приводит к повышению степени дробления горных пород, хотя в этом случае улучшение дробления не беспредельно.

Достоинства многорядного короткозамедленного взрывания.

1. В результате расчленения взрыва на последовательные очереди и многократности воздействия волны напряжений на массив значительно увеличивается продолжительность действия взрывного импульса, что улучшает дробление горных пород. Опытом карьеров Криворожских ГОКов и других предприятий установлено, что выход негабарита при взрывании более четырех рядов скважин уменьшается в 5–10 раз по сравнению с однорядным мгновенным взрыванием.

2. Увеличивается выход горной массы с 1 м скважины. Так, на карьере ЮГОКа широкое применение многорядного короткозамедленного взрывания с учетом совершенствования основных параметров буровзрывных работ позволило увеличить выход горной массы с 1 м скважины с 42,4 до 59 м³.

3. Сокращается число массовых взрывов (на Криворожских ГОКах число взрывов уменьшилось в 10–15 раз), что способствует улучшению общей организации труда на карьерах.

4. Лучшее дробление горной массы и управление геометрией развала дает возможность на 30–50 % повысить производительность экскаваторов и снизить простои транспортных средств под погрузкой.

5. Улучшается организация буровых работ вследствие их концентрации на одном участке.

6. Уменьшается объем путевых работ.

Однако при многорядном короткозамедленном взрывании не решается вопрос дробления горных пород скважинами первого ряда, поэтому требуется дальнейшее его совершенствование.

§ 107. Взрывание в зажатой среде

Взрывание в зажатой среде — метод ведения взрывных работ, при котором благодаря наличию преград (взорванная горная масса или целик) уменьшается боковое смещение взрывающегося массива в период разрушения, что способствует увеличению продолжительности действия взрыва на массив и, как следствие, улучшению дробления пород.

Метод взрывания в зажатой среде имеет несколько вариантов, различающихся между собой числом открытых поверхностей и их расположением, характером подпорной стенки и последовательностью взрывания отдельных зарядов (рис. 92).

Наиболее простым вариантом взрывания в зажатой среде является взрыв на неубранную горную массу. При этом величина подпорной стенки из неубранной массы влияет на величину и форму развала и качество дробления горных пород.

По второму варианту взрывания в зажатой среде применяют фланговые, диагональные и радиальные схемы соединения зарядов. Наличие подпорной стенки из неубранной горной массы при этом варианте не обязательна, так как подпор создается горной массой, разрушенной

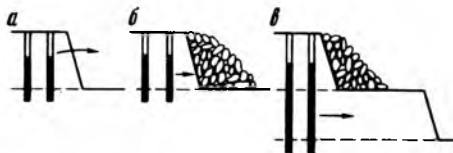


Рис. 92. Схема взрывания зарядов в зажатой среде:

а — зажим достигается за счет схем соединения зарядов; б — при наличии подпорной стенки; в — благодаря навалу взорванной горной массы и целику

первой небольшой группой зарядов. Подпорная стенка при этом варианте уменьшает ширину развала горной массы и позволяет управлять его геометрией.

Рассмотренные варианты взрывания в зажатой среде применяют для взрывания пород любой крепости и трещиноватости.

Третьим вариантом взрывания в зажатой среде является взрывание при наличии одной открытой поверхности, когда подпорной стенкой является целик массива. Этот вариант применяют при проведении траншей взрывным способом, при взрывании массивов горных пород с применением продольных и поперечных врубов, а также взрывании высоких уступов. В настоящее время этот способ освоен при взрывании в породах средней и ниже средней крепости с мелкотрещиноватым строением.

Эффективность метода взрывания в зажатой среде проявляется только при многорядном короткозамедленном взрывании и наличии не менее четырех-пяти рядов скважин. Однако во всех вариантах, благодаря подпорной стенке и меньшей скорости смещения взрываемого массива в горизонтальной плоскости, увеличивается продолжительность действия взрыва на среду и повышается коэффициент полезного использования энергии взрыва. В этом заключается физическая сущность взрывания в зажатой среде.

Взрывание в зажатой среде, кроме значительного улучшения качества дробления пород, по сравнению с взрыванием на открытую боковую поверхность уступа, имеет следующие достоинства: создает благоприятные условия для управления величиной развала горной массы и ее формой; обеспечивает независимость процессов бурения и взрывания от экскавации и транспорта; полностью ликвидирует такой трудоемкий процесс, как путепереукладочные работы в забое перед массовым взрывом; уменьшает непроизводительные простои экскаваторов и создает предпосылки для повышения их производительности; позволяет уменьшить число взрывов и увеличить объемы одновременно отбываемой горной массы. В настоящее время этот метод применяют на многих карьерах.

§ 108. Расчет основных параметров буровзрывных работ при взрывании в зажатой среде

Оптимальную ширину подпорной стенки необходимо рассчитать, исходя из предположения, что при взрывании скважинных зарядов энергия передается массиву в виде кинетической. В этом случае энергия, переданная единице объема, определяется по формуле

$$E_1 = \gamma v_{\max}^2 / 2, \quad (11)$$

где γ — плотность разрушаемой среды (горной породы), г/см³; $v_{\max}$ — максимальная скорость перемещения горной породы при взрыве, м/с.

В то же время ее можно выразить через удельный расход ВВ

$$E_1 = kqE_0, \quad (12)$$

где k — коэффициент, учитывающий использование энергии взрыва на дробление и перемещение горной массы; q — удельный расход ВВ, кг/м³; E_0 — удельная энергия ВВ, Н · м/м².

Приравняв выражения (11) и (12), получим

$$\gamma v_{\max}^2 / 2 = kqE_0.$$

Откуда

$$v_{\max} = \sqrt{\frac{2kqE_0}{\gamma}}. \quad (13)$$

Частицы, выведенные из положения равновесия и движущиеся с максимальной скоростью, тормозятся благодаря упругим свойствам материала. Однако величина максимальной скорости смещения, которая может быть заторможена упругими усилиями в разрушаемой части массива, ограничена прочностью материала, т.е.

$$v_{1\max} = \frac{[\sigma]}{\gamma c_p}, \quad (14)$$

где $[\sigma]$ — предел прочности материала на сжатие, Па; c_p — скорость продольной волны в разрушаемой части массива, м/с.

Если максимальная скорость смещения превышает вычисленную по формуле (14), то часть энергии расходуется на преодоление упругих сил сцепления (на разрушение), а оставшаяся энергия на придание кинетической энергии кускам разрушенной горной массы. Использовать часть этой энергии на дробление можно в том случае, если создать у забоя подпорную стенку, величина которой должна быть выбрана из условия, что скорость смещения частиц не превышает $v_{1\max}$. Для определения требуемой величины подпорной стенки воспользуемся законом сохранения количества движения.

При взрывании на открытую поверхность уступа количество движения, переданное 1 м^3 массива,

$$I = \gamma v_{\max}. \quad (15)$$

При взрывании с подпорной стенкой

$$I = (\gamma + m) v_{1\max}, \quad (16)$$

где $m = x\gamma_1/W$ — масса подпора, приходящаяся на 1 м^3 разрушаемого массива; x — ширина подпорной стенки, м; γ_1 — плотность материала подпорной стенки, т/м^3 .

Подставив значение m в уравнение (16), получим

$$I = (\gamma + x\gamma_1/W) v_{\max}. \quad (17)$$

Учитывая тот факт, что момент количества движения одинаков в обоих случаях, из выражений (15) и (17) получаем

$$\gamma v_{\max} = (\gamma + x/W\gamma_1) v_{1\max},$$

откуда

$$x = k_p W (v_{\max}/v_{1\max} - 1), \quad (18)$$

где k_p — коэффициент разрыхления горной массы.

Из формул (13), (14) и (18) получаем

$$x = k_p W \left(\frac{\sqrt{\frac{2kqE_0}{\rho}}}{\frac{[\sigma]}{\gamma c_p}} - 1 \right) = k_p W \left(\frac{\sqrt{2kqE_0 \gamma c_p^2}}{[\sigma]} - 1 \right).$$

Учитывая, что $\gamma c_p = E$, получаем

$$x = k_p W \left(\frac{\sqrt{2kqE_0 E}}{[\sigma]} - 1 \right), \quad (19)$$

где E — модуль упругости материала, Па.

Коэффициент k учитывает использование энергии взрыва на дробление и перемещение горной массы. Проведенные в лаборатории и на полигоне исследования позволили установить, что этот коэффициент колеблется в пределах 0,04–0,2 в зависимости от величины удельного расхода ВВ.

Формула (19) позволяет определить величину подпорной стенки в зависимости от типа и удельного расхода ВВ и физико-механических

свойств горных пород. При известной величине оптимальной подпорной стенки a и удельном расходе ВВ q формула (19) принимает вид

$$x = \sqrt{\frac{q}{q_0}} a + k_p W \left(\sqrt{\frac{q}{q_0}} - 1 \right).$$

Таким образом, оптимальная величина подпорной стенки при удельном расходе в этих условиях определяется через величины q и a , установленные в результате промышленных исследований.

Ширина подпорной стенки, определенная по формуле (19), для условий флюсовых карьеров Донбасса должна находиться в пределах 10–12 м, а для железорудных карьеров Кривбасса – 20–25 м. Эти цифры подтверждены практикой ведения буровзрывных работ в зажатой среде на данных карьерах.

Ширина развала горной массы при взрывании с оптимальной подпорной стенкой определяет объем вспомогательных работ и поэтому является очень важным параметром взрывания в зажатой среде. При расчете ширины развала горной массы воспользуемся зависимостями из механики взрыва. Если взрывание выполняется на открытую поверхность уступа, ширина развала взорванной массы определяется траекторией движения частиц основного массива и кусков верхней части уступа.

Предполагаем, что при взрыве вся порода по высоте уступа получает одинаковую скорость смещения в горизонтальном направлении. В данном случае ширина развала взорванной горной массы при взрывании на открытую поверхность уступа (m) определяется из выражения

$$B_0 = v'_0 \sqrt{\frac{2H}{g}}, \quad (20)$$

где v'_0 – максимальная горизонтальная скорость смещения горной породы в момент отрыва, м/с; H – высота уступа, м; g – ускорение свободного падения, м/с².

Формула (20) справедлива только в случае отсутствия вертикальной составляющей скорости смещения, что практически исключено при взрывании на открытую поверхность. Когда вертикальная составляющая скорости смещения имеет значительную величину и пренебречь ею нельзя, ширина развала взорванной горной массы определяется по формуле

$$B_0 = v''_0 \frac{v'_0 + \sqrt{2gH + (v''_0)^2}}{g},$$

где v''_0 – вертикальная составляющая скорости смещения уступа в момент отрыва, м/с.

Создание подпорной стенки из ранее взорванной горной массы влияет на горизонтальную составляющую скорости смещения усту-

па. Для определения ее изменения, исходя из закона сохранения количества движения, предполагаем, что количество движения после взрыва на открытую поверхность и в зажатой среде одинаково.

Количество движения (горизонтальная составляющая) при взрывании на открытую поверхность, отнесенное к единице площади забоя,

$$I_0 = W\gamma v_0'.$$

При взрывании в зажатой среде количество движения представлено двумя составляющими, отнесенными к площади забоя и к площади подпорной стенки, т.е.

$$I_1 = W\gamma v_0' + x\gamma_1 v_1',$$

где γ — плотность разрушаемого массива горной породы, г/см³; γ_1 — плотность материала подпорной стенки, г/см³; v_1' — горизонтальная скорость смещения горной породы при взрывании в зажатой среде, м/с.

Из равенства движения $I_0 = I_1$ следует

$$v_1' = \frac{W\gamma}{W\gamma + x\gamma_1} v_0'. \quad (21)$$

Преобразуем выражение (21) к виду

$$v_1' = \left[1 - \frac{x}{k_p W + x} \right] v_0',$$

где k_p — коэффициент разрыхления подпорной стенки.

Предположив, что вертикальная составляющая скорости смещения пород уступа неизменна, получим величину развала горной массы при ширине подпорной стенки

$$B_1 = \left(1 - x \frac{1}{k_p W + x} \right) v_0' \frac{v_0'' + \sqrt{2gH + (v_0'')^2}}{g};$$

$$B_1 = \left(1 - \frac{x}{k_p W + x} \right) B_0. \quad (22)$$

Формула (22) справедлива для случая, когда скорость смещения передается всем частицам уступа в равной мере. Однако установлено, что вследствие различного рода потерь скорость смещения породы взрываемого уступа уменьшается и при некоторой величине подпорной стенки равна нулю, а развал взорванной массы практически отсутствует.

Согласно формуле (22) скорость смещения породы может быть равна нулю в том случае, когда ширина подпорной стенки стремится к бесконечности. Фактически скорость смещения породы, а также раз-

вал горной массы отсутствует уже при ширине подпорной стенки $x = a$ (a — предельная ширина подпорной стенки). В связи с этим в формулу (22) необходимо ввести поправку, которая учитывала бы влияние сил сопротивления подпорной стенки. Установлено, что величина скорости смещения частиц породы, а следовательно, и ширина развала пропорциональны некоторому коэффициенту b и $\sqrt{x}$. С учетом влияния сил сопротивления формула (22) имеет вид

$$B_1 = \left(1 - \frac{x}{k_p W + x} b \sqrt{x}\right) B_0. \quad (23)$$

Коэффициент b зависит от многочисленных факторов, а поэтому экспериментальное определение его затруднено. На этом основании коэффициент b определим косвенным путем, выразив его через предельную ширину подпорной стенки a , при которой развал взорванной горной массы отсутствует, т.е. $B_1 = 0$.

Из формулы (23) для этого частного случая

$$b = \frac{k_p W + a}{a \sqrt{a}}.$$

Подставив в формулу (23) величину b , получим

$$B_1 = \left(1 - \frac{x^{3/2} k_p W + a}{a^{3/2} k_p W + x}\right) B_0. \quad (24)$$

Из формулы (24) следует, что для определения ширины развала горной массы при взрывании в зажатой среде с подпорными стенками различной величины необходимо располагать данными по ширине развала горной массы, полученной при взрывании на открытую поверхность, с условием постоянства параметров буровзрывных работ. Кроме того, необходимо экспериментальным путем определить предельную ширину подпорной стенки a , при которой отсутствует развал горной массы.

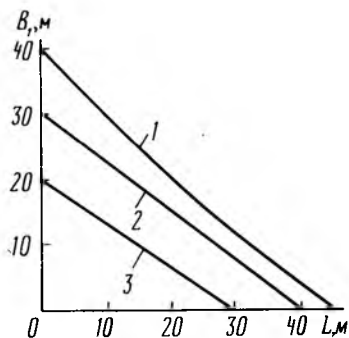


Рис. 93. Зависимость ширины развала горной массы от ширины подпорной стенки: 1 — для условий Кривбасса при $f = 17 \div 20$; 2 — для условий Кривбасса при $f = 10 \div 17$; 3 — для условий флюсовых карьеров Донбасса ($f = 4 \div 12$)

В практике возможна обратная задача: определение необходимой ширины подпорной стенки при максимально допустимом развале взорванной горной массы. Ее можно решить графическим способом с учетом результатов производственных экспериментов. Для практических целей в условиях, сходных с горно-геологическими условиями железорудных карьеров Кривбасса или флюсовых карьеров Донбасса, при определении необходимой ширины подпорной стенки следует пользоваться графиком (рис. 93), построенным для минимальных величин развала и подпора.

§ 109. Взрывание высоких уступов в зажатой среде

Для многорядного короткозамедленного взрывания на открытую поверхность или необработанную горную массу (в зажатой среде) характерны "узкие места", снижающие эффективность указанных методов взрывания и производительность погрузочно-транспортных средств. К ним относятся: большой объем горных пород, находящихся на уровне забойки (верхняя часть уступа), который обуславливает неравномерное распределение ВВ по высоте уступа и, как следствие, неравномерное дробление пород; контакт взорванной горной массы и целика по линии подошвы и откоса уступа затрудняет работу экскаваторов; необходимость создания перебуров скважин, достигающих иногда 35 % высоты уступа. Перебур скважин, помимо удорожания буровзрывных работ, обуславливает снижение производительности буровых станков на соответствующем участке нижележащего уступа и ухудшение дробления при следующем взрывании.

Устранить эти "узкие места" можно в результате сдваивания или страивания уступов смежных горизонтов, когда общая глубина скважины достигает 45 м, и взрывания скважинных зарядов осуществляется на всю высоту совмещенных уступов.

Так как длина забойки и перебура остается постоянной для любой высоты уступа, их доля в общем объеме взрывааемых скважин с увеличением высоты уступа снижается. В равной степени это относится и к контакту взорванной массы и монолита, так как линия контакта остается лишь по нижнему подуступу.

Кроме того, исходя из условия, что на интенсивность разрушения взрывом горных пород наряду с напряжением влияет продолжительность действия взрывного импульса на разрушаемую среду, было исследовано влияние высоты уступа (длины колонки заряда) на основные физические факторы разрушения пород взрывом (зависимость продолжительности действия взрывного импульса от высоты уступа).

При взрывании заряда кривая "давление – время" изменяется, а уравнение, описывающее этот процесс, может быть представлено в виде

$$p = a t_{\max}^{2/3} e^{-bt^{2/3}};$$

$$a = p_{\max} b e,$$

где a и b — эмпирические коэффициенты; $p_{\max}$ — максимальное давление при взрыве, Па; e — основание натуральных логарифмов; $t_{\max}$ — время действия взрыва на среду, с;

$$p_{\max} = \rho_0 D^2 / 8,$$

где ρ_0 — плотность ВВ, г/см³; D — скорость детонации ВВ, м/с;

$$t_{\max} = l_3 / D. \quad (25)$$

Вычисляя $t_{\max}$ по формуле (25) допустим, что максимальное давление газообразных продуктов взрыва в скважине достигается в момент окончания детонации заряда. После преобразований получим выражение зависимости давления газообразных продуктов взрыва в скважине от высоты уступа:

$$p = \rho_0 D^{8/3} l_3^{-2/3} t^{2/3} e^{1 - \left(\frac{Dt}{l_3}\right)^{2/3}} / 8. \quad (26)$$

На основе расчетов по формуле (26), с учетом определенных допущений и предположений, была построена зависимость изменения давления продуктов взрыва в скважине во времени с увеличением высоты уступа (рис. 94), из которой следует, что при увеличении высоты уступа с 15 до 75 м продолжительность действия взрывного им-

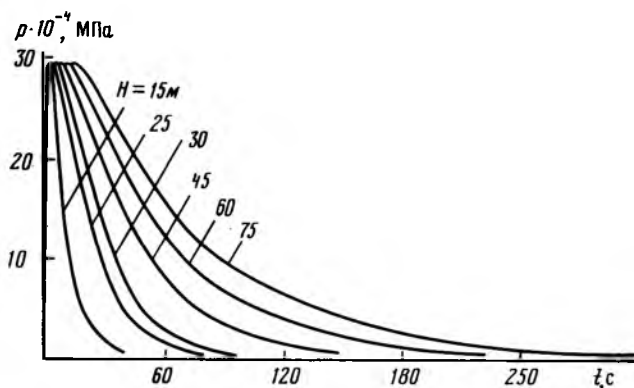


Рис. 94. График изменения давления продуктов взрыва во времени в зависимости от высоты уступа

пульса на отдельных участках уступа увеличивается почти в 5—6 раз. Увеличение продолжительности напряженного состояния массива при неизменных параметрах сетки расположения скважин вследствие роста высоты уступа является основным условием повышения интенсивности и равномерности дробления горных пород.

Теоретические исследования продолжительности действия взрывного импульса на массив с увеличением высоты уступа и улучшения степени дробления пород подтверждены практикой взрывных работ на железорудных и флюсовых карьерах. На железорудных карьерах Кривбасса одновременно обуривают и взрывают в зажатой среде уступы высотой 24—36 м.

Помимо карьеров Кривбасса взрывание высоких уступов применяют на Кальмакырском карьере, на карьерах Балаклавского, Барсуковского и других карьероуправлений. Эффективность взрывания высоких уступов в наибольшей мере проявилась при взрывании пород средней и ниже средней крепости.

Достоинства взрывания высоких (совмещенных) уступов: обеспечение больших запасов взорванной массы при недостатке рабочих берм; сокращение объема буровых работ вследствие уменьшения перебуров: при совмещении n уступов число перебуров сокращается на $n - 1$, т.е. $(n - 1) / l_{\text{пер}}$ уменьшается объем бурения (где $l_{\text{пер}}$ — величина перебура в метрах); сокращение расхода ДШ на соединение зарядов на поверхности; сокращение расхода обсадных труб; сокращение числа переездов станка от скважины к скважине; повышение производительности погрузочно-транспортного оборудования на уборке взорванной горной массы. Последнее связано с технологией отработки полезного ископаемого, а не с технологией буровзрывных работ. Бурение и взрывание производится на высоту двух-трех уступов, а отработка ведется погоризонтно при высоте уступа 10—12 м, обеспечивающей большую производительность экскаватора. Погрузочно-транспортное оборудование работает на взорванном массиве, а низкий коэффициент разрыхления горных пород при взрывании в зажатой среде способствует повышению коэффициента заполнения ковша экскаватора.

Основным же достоинством взрывания высоких уступов является высокая интенсивность и равномерность дробления пород энергией взрыва, что позволяет транспортировать 85—90 % взорванной горной массы (железистых кварцитов Криворожских ГОКов с коэффициентом крепости $f = 8 \div 14$) ленточными конвейерами, т.е. применять поточную технологию (табл. 48).

Помимо интенсивного дробления пород для обеспечения эффективной работы техники непрерывного действия необходимо свести к минимуму объем работы исполнительного органа погрузочных средств по контакту с целиком (по подошве и линии откоса уступа), что в наибольшей степени достигается на высоких уступах.

Таблица 48

**Влияние высоты уступа на интенсивность дробления
горных пород взрывом**

Карьер	Коэффициент крепости пород f	Высота уступа, м	Содержание фракций (мм), %			
			0–300	301–500	501–1000	> 1000
ЮГОК	15–18	30	91,8	5,6	2,6	0,3
—''—	15–18	15	85,6	8,1	5,5	0,8
ЦГОК	12–14	10–15	87,5	7,4	5,1	—
—''—	12–14	35	90,3	6,5	3,2	—
—''—	12–14	12–15	82	5,7	12,3	—
—''—	12–14	24–35	87,5	5,4	7,1	—

Таким образом, взрывание высоких уступов в зажатой среде объединяет преимущества новых высокоэффективных методов буровзрывных работ: многорядного короткозамедленного взрывания в зажатой среде и зарядов большой длины, а также современных технологических схем обработки полезных ископаемых.

§ 110. Классификация схем взрывания скважинных зарядов на карьерах

При составлении классификации схем взрывания отличительными признаками принадлежности их к той или иной группе должны являться: ориентация, направления и конфигурация фронта отбойки горных пород, а также кратность воздействия поля напряжений, образовавшегося при взрыве на призму разрушения (рис. 95).

По этим признакам в классификации схем взрывания они разделены на девять групп, которые объединяют около 30 вариантов наиболее распространенных схем взрывания, применяемых на горных предприятиях (табл. 49).

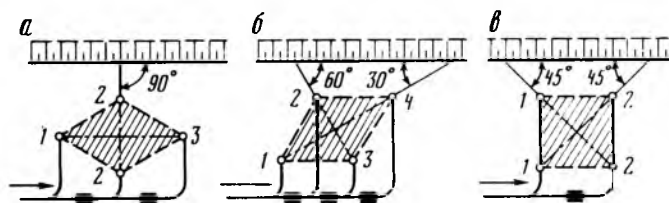


Рис. 95. Расположение скважинных зарядов 1–4 и кратность воздействия их на призму выброса при одной и той же схеме взрывания (направление детонации показано стрелкой):

a и *б* — при расположении зарядов в вершинах треугольников, основания которых разрушены под углом соответственно 90° и 60° к линии забоя; *в* — при расположении зарядов в вершинах квадратов

Таблица 49

Классификация схем соединения скважинных зарядов

№ группы	Группы схем	Обозначение варианта схемы	Название варианта схемы	Кратность воздействия зарядов на призму разрушения	Условия применения
I	Порядные	А	Сплошными рядами		Фронтальный забой, подобранный откос уступа, легко взрывающиеся породы:
			при однорядном мгновенном взрывании	1	один ряд скважин
			при шахматной сетке	2—3	два—три ряда скважин
		Б	при квадратной сетке	2	то же
			Двусторонняя	2	Четыре—пять рядов скважин, ограничение по сейсмическому действию взрыва
II	Порядные врубовые	В	Секционная	2	То же, и значительная протяженность взрываемого блока
		А	Секционная с однорядным врубом	2—3	Фронтальный или траншейный забой, подобранный и неподобранный откосы уступа, необходимость уменьшения развала, не менее трех рядов скважин, породы средней и ниже средней крепости
		Б	Секционная с двухрядным врубом	2—3	То же, но не менее четырех рядов скважин, возможность взрывания пород средней крепости и крепких
III	Порядные "через скважину"	А	Однорядная	2	Фронтальный забой, подобранный откос уступа, породы средней и ниже средней крепости, однородные по свойствам, необходимость уменьшения развала, ограничение по сейсмическому действию взрыва, один ряд скважин
		Б	Продольными рядами	3—4	То же, но большее число скважин

Продолжение табл. 49

№ группы	Группы схем	Обозначение варианта схемы	Название варианта схемы	Кратность воздействия зарядов на призму разрушения	Условия применения
		<i>В</i>	Продольными рядами с обособленными магистралями	4	То же, но более сложное строение массива горных пород
IV	Поперечными рядами	<i>А</i>	С однорядными врубами	2—3	Фронтальный забой, подобранный и неподбранный откосы уступа, не менее четырех рядов скважин, породы средней и ниже средней крепости, необходимость уменьшения развала
		<i>Б</i>	С двухрядным срубом	2—3	То же, но более сложное строение массива горных пород и более высокая крепость горных пород
		<i>В</i>	Последовательными рядами	3—4	То же, но меньшая протяженность взрываемого блока и обнажение откоса уступа на фланге
V	Диагональные	<i>А</i>	С клиновым врубом	2—3	Фронтальный забой, подобранный и неподбранный откосы уступа, породы со сложным геологическим строением, не менее четырех скважин, необходимость уменьшения развала, ограничение по сейсмическому действию взрыва, трудновзрываемые породы
		<i>Б</i>	С трапециевидным врубом фланговым и центральным	2—3	То же, весьма трудновзрываемые породы
		<i>В</i>	Диагонально-клиновое: простая клиновая с оконтуривающим звеном	2	Траншейные забои, породы с однородными свойствами, средней и ниже средней крепости, необходимость сохранения сплошности массива в бортах траншей

Продолжение табл. 49

№ группы	Группы схем	Обозначение варианта схемы	Название варианта схемы	Кратность воздействия зарядов на призму разрушения	Условия применения
VI	Диагонально-волновые	Г	Диагональными рядами и последовательным врубом	2—4	Фронтальный забой, подобранный и неподобранный откосы уступа, породы средней и ниже средней крепости, сложное строение массива, не менее четырех рядов скважин, ограничение по сейсмическому действию взрыва
		А	С прямым линейным опережающим врубом	2—3	Траншейные забои значительной ширины, трудно-взрываемые породы, необходимость сохранения сплошности массива в бортах траншеи
		Б	С трапециевидными врубами	2—3	Фронтальный забой, подобранный и неподбранный откосы уступа, трудно-взрываемые породы со сложной структурой, не менее четырех рядов скважин
		В	С объемными врубами	2—3	То же, но небольшая протяженность блока
		Д	С ломаным фронтом отбойки: при отсутствии зажима на фланге	2	Фронтальный забой, подобранный и неподбранный откосы уступа, породы средней и ниже средней крепости, не менее четырех рядов скважин
		Е	С оконтуривающей группой зарядов	2—3	То же, но имеется необходимость сохранения сплошности массива за линией последнего ряда (приконтурные взрывы), не менее четырех рядов скважин
		Ж	С цельным опережающим врубом	2—3	Траншейный забой, породы средней и ниже средней крепости, необходимость получения компактного развала, не менее четырех—пяти рядов
		З	С опережающим врубом	2—3	То же, взрывание легко-дробимых пород

№ группы	Группы схем	Обозначение варианта схемы	Название варианта схемы	Кратность воздействия зарядов на призму разрушения	Условия применения
VII	Радиальные	A	Односекционная	2—3	Специальные забои, неподбранный откос уступа, весьма крепкие трудновзрывае- мые породы, необходимость направленного и концентрированного перемещения пород, расположение скважин по концентрическим полукружностям
		B	Много- секцион- ная	2—3	Фронтальный забой, неподбранный откос уступа, значи- тельная протяженность взрывае- мого блока, весьма крепкие породы, не менее четырех рядов скважин, расположенных по концент- рическим полукружност- ям
		B	Сектор- ная	2—3	То же, но значительное ог- раничение сейсмического действия взрыва
VIII	Волновые	A	Экрани- рующая	2—3	Фронтальный забой, подоб- ранный и неподбранный от- косы уступа, породы различ- ной крепости со сложным геологическим строением, не менее двух—четыре- х рядов скважин, необходи- мость компактного разва- ла, ограничение по сейсми- ческому действию взрыва
		B	Развер- нутая	2—4	То же, но подобранный от- кос уступа
		B	С пере- менным на- правле- нием взрыва- ния групп зарядов	2—4	Траншейный забой, весьма крепкие, трудновзрывае- мые породы, сложное стро- ение массива, не менее пяти рядов скважин, ограниче- ние по сейсмическому дей- ствию взрыва

№ группы	Группы схем	Обозначение варианта схемы	Название варианта схемы	Кратность воздействия зарядов на призму разрушения	Условия применения
		<i>Г</i>	Двусторонняя	2—4	Фронтальный забой, подобранный и неподбранный откосы уступа, породы различной крепости, значительное число рядов скважин (не менее шести—семи), ограничение по сейсмическому действию взрыва
IX	Комбинированный	<i>А</i>	Радиально-волновая	2—4	Фронтальный забой, подобранный и неподбранный откосы уступа, наличие участков пород с различными свойствами, не менее пяти рядов скважин
		<i>Б</i>	Порядно-волновая	2—4	То же, но различное число рядов скважин на отдельных участках
		<i>В</i>	Порядно-диагональная	2—3	То же

Группа I — порядные схемы взрывания, отличительной особенностью которых является прямолинейность и параллельность взрывааемых групп зарядов по отношению к откосу уступа (рис. 96).

Наиболее простой схемой взрывания группы *I* является вариант *А* сплошными рядами. К нему относится обычная схема мгновенного однорядного взрывания. При многорядном короткозамедленном взрывании первая и последующие очереди скважинных зарядов соединяются в ряду по прямой линии. Одним из условий применения этой схемы является отсутствие ограничения массы ВВ, взрываемого мгновенно за один прием. Разновидности варианта различаются лишь кратностью нагружения массива, что обусловлено способом размещения скважин в массиве пород — шахматная и квадратная сетки (рис. 96, а, б, в).

Вариант *Б* характерен развитием взрыва в двух противоположных направлениях, что достигается разделением каждого ряда на два участка, взрывааемых в различное время (рис. 96, г). Это позволяет при взрывании значительного числа рядов несколько снизить сейсмический эффект взрыва.

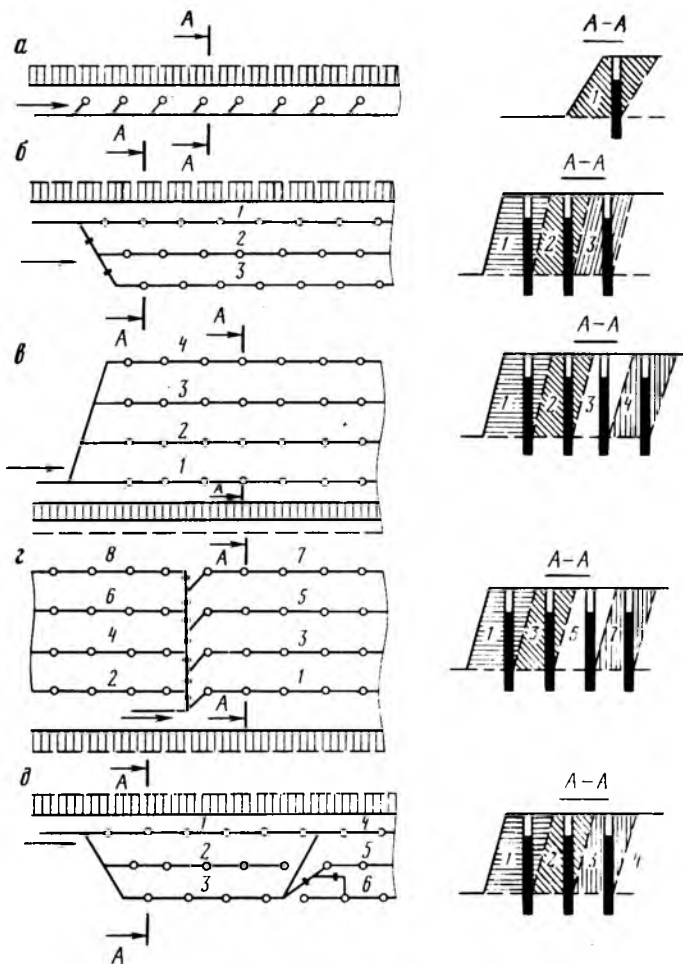


Рис. 96. Порядные схемы соединения зарядов:

1–6 — очередность взрывания; направление детонации показано стрелкой

Вариант *В* группы I отличается от предыдущих разбивкой на секции (рис. 96, *д*). Последнее дает возможность не ограничивать массу заряда, взрываемого мгновенно за один прием, что позволяет снизить сейсмическое действие взрыва при большой протяженности взрываемого блока.

Группа II — порядные врубовые схемы взрывания. Отличительной особенностью их является наличие врубовых рядов скважинных зарядов по длине взрываваемого блока.

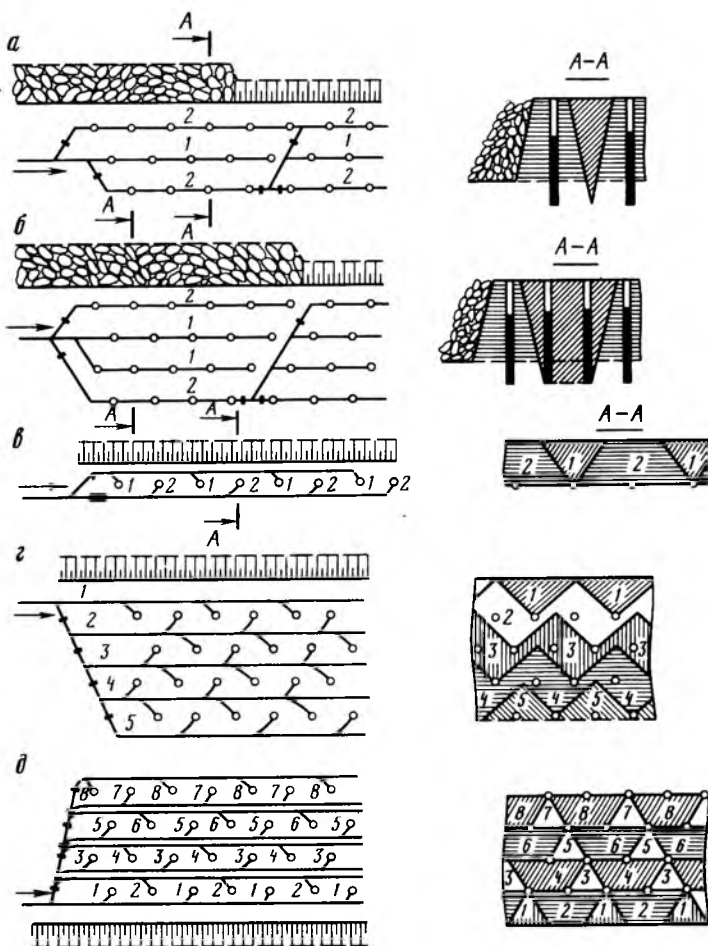


Рис. 97. Порядные врубовые схемы соединения зарядов:

1—8 — очередность взрывания; направление детонации показано стрелкой

Вариант А группы II представляет собой порядную секционную схему взрывания (рис. 97, а). Она отличается тем, что в каждой секции часть зарядов является врубовой, т.е. взрывается первой, последующие — отбойные взрываются на вруб последовательно одна за другой.

Одним из условий применения данной схемы является необходимость усиления врубовых зарядов, что может быть выполнено следующими путями: увеличением перебура врубового ряда, сокращением расстояния между врубовыми скважинами в ряду, образованием в них котловых расширений, применением более плотных и более мощных ВВ.

Вариант *Б* группы II отличается от предыдущего тем, что вруб образуется взрыванием двух смежных рядов скважинных зарядов (рис. 97, б).

В зависимости от условий взрывания и числа рядов скважин вруб может образовываться как из двух центральных рядов, так и из рядов, смещенных к периферии взрываемого блока. При большом числе рядов могут быть два параллельных вруба. Однако как в том, так и в другом случае проектом буровых работ должны быть предусмотрены места заложения врубовых скважин, так как параметры врубовых рядов отличаются от параметров отбойных. Практика показывает, что при взрывании крепких пород применение врубовых рядов без усиления врубовых зарядов приводит к ухудшению качества дробления пород и проработки подошвы как в траншейных забоях, так и при фронтальной отбойке пород.

Группа III — порядные схемы соединения зарядов при взрывании их через скважину. Характерной особенностью этих схем является то, что в один прием в каждом ряду взрываются нечетные, а в другой прием — четные заряды с определенным замедлением по отношению к нечетным. Это позволяет увеличить кратность воздействия взрывных нагрузок на массив пород.

Вариант *А* (рис. 97, в) группы III применяется при однорядном взрывании легкодробимых пород, однородных по длине фронта работ.

Вариант *Б* группы III характерен тем, что часть зарядов в первом и в последних рядах, соединенных по схеме через один, взрывается от обособленных магистралей (рис. 97, г). Промежуточные заряды двух смежных рядов, тоже соединенные по схеме через один, взрываются от общих магистралей (один на два ряда). Схема обеспечивает трехкратное нагружение массива при квадратной сетке и четырехкратное — при расположении скважин в вершинах углов равностороннего треугольника.

Вариант *В* группы III отличается от первого тем, что каждая группа зарядов, соединенная по схеме через один, в каждом ряду взрывается от обособленной магистрали (рис. 97, д). Этим достигается увеличение кратности нагружения массива при квадратном и шахматном размещении скважин.

К недостаткам вариантов *Б* и *В* следует отнести необходимость в дополнительных магистралях, что увеличивает расход ДШ. Схемы данной группы не позволяют направленно перемещать породы, что затрудняет управление взрывом.

Группа IV — заряды соединяются в группы поперечными рядами, ориентированными перпендикулярно верхней бровке уступа. Данные схемы взрывания этим и отличаются от схем группы II. Одним из достоинств указанных схем является возможность образования врубов, что способствует интенсификации дробления пород при минимальном их перемещении в направлении откоса уступа.

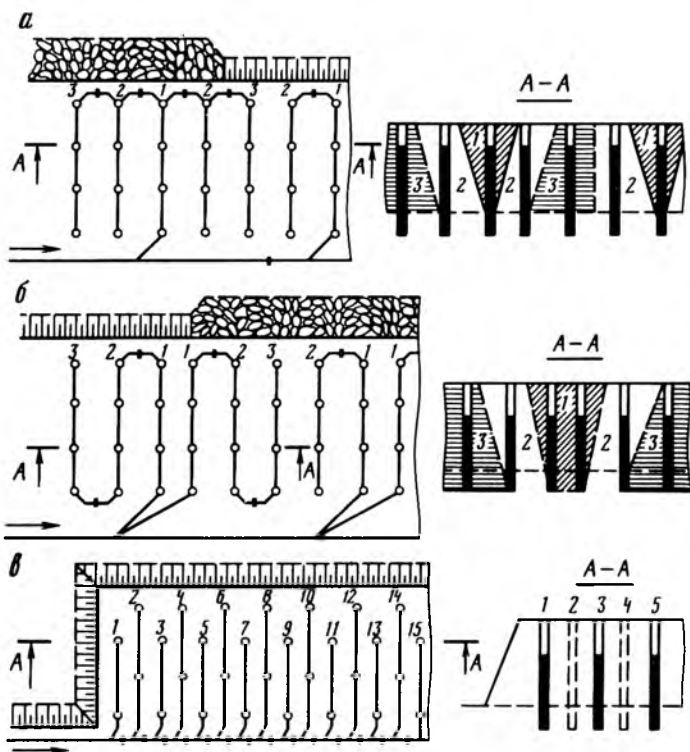


Рис. 98. Схемы соединения зарядов при поперечном взрывании рядов:
1—15 — очередность взрывания; направление детонации показано стрелкой

Вариант А группы IV характерен однорядными врубами (рис. 98, а). Направление взрывания врубовых зарядов противоположно направлению взрывания групп отбойных зарядов. Достоинством данного варианта является возможность взрывания большого числа рядов скважинных зарядов без излишнего увеличения развала пород в направлении с.п.п. уступа, так как в этом случае основной объем взорванной горной массы перемещается в направлении, параллельном откосу уступа. К недостаткам данного варианта схем следует отнести необходимость иметь большое число рядов скважинных зарядов, невозможность концентрированно направить действие взрыва для преодоления с.п.п. уступа, что имеет принципиальное значение при взрывании в зажатой среде.

Вариант Б группы IV отличается от предыдущего наличием двухрядного повторяющегося вруба (рис. 98, б).

Вариант В группы IV схем характерен последовательным взрыванием поперечных рядов (один за другим) в направлении от одного

фланга взрываемого блока к другому (рис. 98, в). Условия применения аналогичны условиям применения предыдущих вариантов этой группы, но при меньшей протяженности взрываемого блока и отсутствии зажима на одном из флангов.

Группа V — диагональные схемы взрывания, особенностью которых является то, что группы зарядов соединены рядами, ориентированными под определенным углом к верхней бровке взрываемого уступа, а при траншейных взрывах — к оси траншеи. Это позволяет уменьшить ширину развала пород при подобранном откосе уступа и обеспечить лучшее дробление пород со сложным строением.

Вариант *A* группы *V* характерен клиновым врубом, на который взрываются отбойные диагональные ряды скважинных зарядов последовательно один за другим с обеих сторон при центральном врубе II и с одной стороны — при фланговом врубе I (рис. 99, а). Одно из достоинств схемы — обеспечение равномерного дробления при небольшой ширине развала пород даже при отсутствии породной стенки из ранее взорванной горной массы вдоль откоса уступа.

Вариант *Б* группы *V* отличается от предыдущего трапецевидной формой вруба (рис. 99, б), которая обеспечивает идентичные условия для работы зарядов, образующих вруб, и перемещение ими значительного объема пород. Это создает благоприятные условия для работы отбойных зарядов. Подобно варианту *A* при необходимости врубы могут быть центральными II и фланговыми I. При большой протяженности блока может быть также несколько врубов.

К недостаткам вариантов *A* и *Б* следует отнести плохой отрыв массива по линии последнего ряда скважинных зарядов при взрывании в зажатой среде, что не исключает выбросов в тыльную сторону уступа и сильного нарушения сплошности массива пород за линией последнего ряда скважин.

При взрывании на подобранный откос уступа, особенно на гранитных карьерах, где используется эффект соударения горной массы в процессе взрыва, эти схемы наиболее эффективны.

Вариант *В* — диагонально-клиновые схемы взрывания (рис. 99, в), предназначенные для траншейных взрывов. Отличительной особенностью этих схем является то, что диагональные ряды по оси траншеи образуют угол (клин). Последнее позволяет при взрыве перемещать основную часть разрушенной породы к оси траншеи. Развал породы при этом компактный и равномерный, с максимальной высотой по оси траншеи. При этом значительно сокращается количество породы, выбрасываемой на борта траншеи, что снижает объем непроизводительных работ по зачистке развала.

При взрывании траншей широким фронтом значительное улучшение по управлению формой развала дает замедление крайних скважинных зарядов в каждой группе, что достигается установкой дополнительных замедлителей перед скважинными зарядами со стороны бортов траншей. Еще лучшие результаты получаются при применении оконтуривающего ряда.

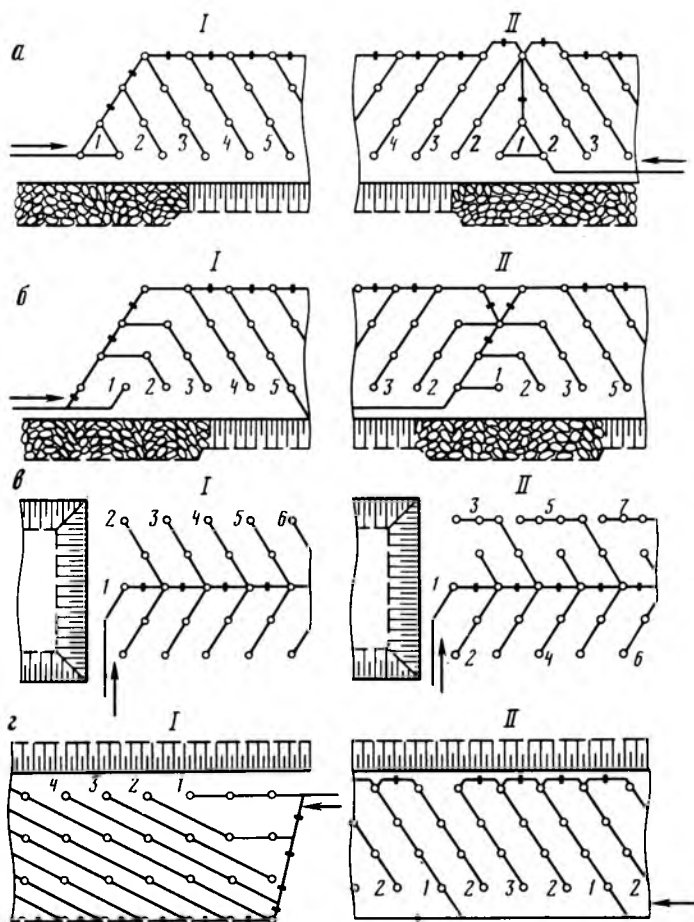


Рис. 99. Диагональные схемы соединения зарядов:

1—7 — очередность взрывания; направление детонации показано стрелкой

Вариант Г группы V отличается от варианта А и Б тем, что диагональные ряды скважинных зарядов образуют с верхней бровкой уступа более острый угол, что обеспечивает достижение максимального (четырёхкратного) нагружения массива как при шахматной, так и при квадратной сетке расположения скважины (рис. 99, г). Фронт отбойки пород перемещается в одном направлении. Врубы при этом могут быть фланговые различной конфигурации, а также однорядные и двухрядные повторяющиеся.

Основными недостатками схемы взрывания этого варианта являются большой расход ДШ и необходимость подборки откоса уступа.

Группа VI — диагонально-волновые схемы, отличительной особенностью которых являются непрерывное изменение направления взрывания зарядов и сложная конфигурация фронта отбойки пород. Эти факторы позволяют получить дополнительные открытые поверхности и обеспечить сложный характер напряженности массива, что положительно сказывается на интенсивности дробления трудновзрываемых, особенно сложноструктурных пород.

Вариант А группы VI предназначен для траншейного взрывания весьма крепких, трудновзрываемых пород. Характерной особенностью его является образование опережающего вруба, на который взрываются отбойные заряды диагональными рядами (рис. 100, а). Такая последовательность взрывания зарядов обеспечивает образование значительного числа дополнительных открытых поверхностей и управление развалом пород при хорошем оконтуривании траншеи и минимальном нарушении сплошности массива пород в бортах траншеи. Некоторая сложность применения этой схемы на практике компенсируется высоким качеством дробления пород и направленностью перемещения горной массы.

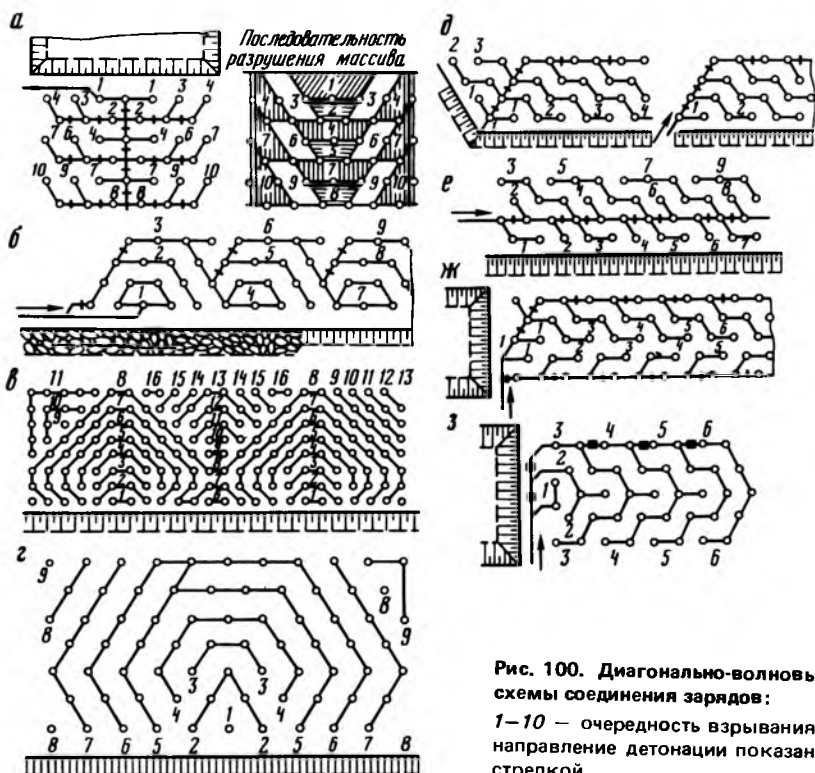


Рис. 100. Диагонально-волновые схемы соединения зарядов:
1—10 — очередность взрывания;
направление детонации показано стрелкой

Вариант *Б* группы VI характерен наличием трапециевидных врубов в каждой секции (рис. 100, б), что позволяет создать нормальное перемещение разрушаемой породы даже в том случае, когда вдоль откоса уступа имеется подпорная стенка из малоподатливой горной массы. Схема обычно применяется при значительном числе рядов скважин. Она проста в исполнении и позволяет при высоком качестве дробления придать необходимую форму развалу.

Вариант *В* группы VI характерен ломаным фронтом отбойки пород, что достигается сочетанием прямого и обратного клина и наличием флангового вруба из двух-трех скважинных зарядов (рис. 100, в). После взрыва врубовых зарядов дальнейшее развитие взрыва происходит таким образом, что взрыв каждой отдельной части зарядов образует новый вруб.

Вариант *Г* группы VI представляет собой некоторую аналогию варианта *В* схем группы V и отличается от последнего лишь тем, что скважинные заряды инициируют в двух противоположных направлениях (рис. 100, г). Это позволяет получить более равномерный развал пород без замедления последних рядов.

Варианты *Д, Е, Ж* и *З* группы VI являются разновидностями диагонально-волновых схем соединения заряда с оконтуривающим, щелевым и опережающим врубами (рис. 100, д, е, ж, з).

Группа VII — радиальные схемы взрывания, отличительной особенностью которых является расположение скважинных зарядов по концентрическим окружностям, что обеспечивает рациональное чередование связей даже без подпорной стенки из ранее взорванной горной массы. Направленное действие зарядов при радиальных схемах способствует снижению сейсмического эффекта от взрыва всей серии зарядов. Основным достоинством радиальных схем является создание условий для концентрации напряжений кусков пород, обеспечивающих их столкновение, в результате чего кинетическая энергия движения полнее используется на дополнительное дробление.

Вариант *А* группы VII радиальных схем характерен тем, что скважинные заряды, расположенные полукольцевыми рядами, взрываются порядно начиная с одного фланга (рис. 101, а).

Недостатком этого варианта является неравномерное число рядов в каждой группе, что приводит к увеличению сейсмического действия взрыва по мере его развития.

Вариант *Б* отличается от предыдущего лишь наличием секций, число которых при этом может быть разное, в зависимости от длины взрываемого блока (рис. 101, б).

Вариант *В* этой группы представляет собой секторную схему взрывания с сегментовидными врубами в каждой секции (рис. 101, в).

Группа VIII — волновые схемы, характерной особенностью которых является соединение отдельных зарядов криволинейными рядами, которые взрываются поочередно на фланговый или центральный вруб. Эти схемы позволяют производить массовые взрывы при

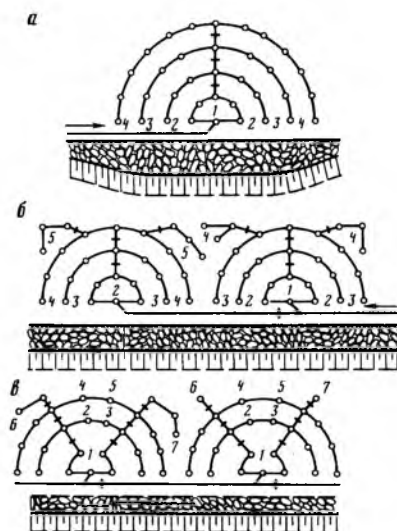


Рис. 101. Радиальные схемы соединения зарядов:

1—7 — очередность взрывания; направление детонации показано стрелкой

любом числе рядов скважин с сохранением принятого в одном интервале количества ВВ без увеличения сейсмического эффекта взрыва.

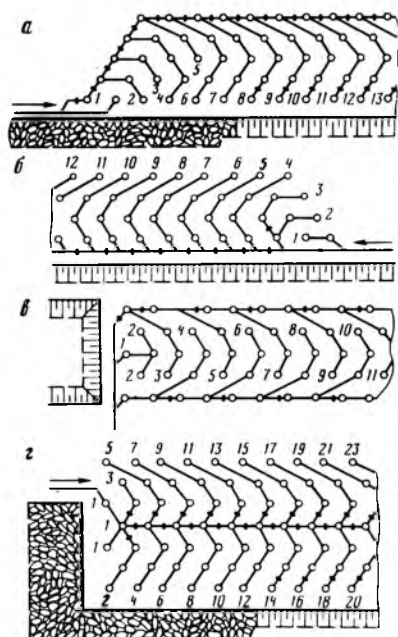
Одной из особенностей волновых схем является возможность взрывания скважинных зарядов в зажиме даже при подобранном откосе уступа. Это достигается тем, что в отдельных вариантах заряды в каждой группе взрывают не со стороны открытой поверхности откоса уступа (или ранее взорванной массы), а с тыльной стороны уступа. При подобранном откосе уступа скважины, расположенные на линии первого и второго рядов, взрывают с замедлением относительно других скважин в той же группе. Это способствует уменьшению развала породы в направлении открытой поверхности, а также создает условия зажима для остальных зарядов, взрывааемых в этой группе.

Взрывание зарядов в группе первыми с тыльной стороны уступа позволяет в значительной мере экранировать энергию взрыва, что сказывается не только на улучшении качества дробления, но и на снижении сейсмического действия взрыва. Одним из достоинств волновых схем является возможность придавать развалу требуемую форму.

Вариант А группы VIII характерен тем, что взрыв блока по этой схеме начинается фланговым врубом, образуемым взрывом одного или нескольких зарядов, находящихся на фланге в первом—втором рядах (рис. 102, а). Затем взрываются последующие группы зарядов (на вруб). Все скважины последнего ряда взрываются первыми, чем достигается экранирование взрыва. Оконтуривание взрыва достигается тем, что каждые четыре скважинных заряда из предпоследнего и последнего рядов зарядов подвергают образуемую ими призму разрушения трехкратному нагружению. Причем каждый из скважинных зарядов последнего ряда взрывается с вдвое большим замедлением,

Рис. 102. Волновые схемы соединения зарядов:

1—23 — очередность взрывания; направление детонации показано стрелкой



чем заряды в глубине блока. В случае подобранного откоса уступа скважинные заряды первого ряда взрываются с определенным замедлением по отношению к остальным зарядам в данной группе. Этот вариант схемы предназначен для взрывания в зажатой среде пород любых свойств при различной высоте уступа. С незначительным изменением эту схему можно успешно применять при взрывании траншей.

Вариант Б отличается от предыдущего тем, что скважинные заряды первого ряда взрываются первыми (рис. 102, б). Данный вариант применяется в тех же условиях, что и вариант А, но без ограничения по сейсмическому действию взрыва и необходимости значительного перемещения горной массы в зоне последних рядов скважинных зарядов.

Отличительной особенностью варианта В являются направления взрывания зарядов (рис. 102, в), что при высоком качестве дробления обеспечивает снижение сейсмического действия взрыва и компактный развал взорванной горной массы. Кроме того, этот вариант обеспечивает хороший отрыв породы по контурам траншеи с незначительным нарушением сплошности массива пород в ее бортах.

Вариант Г отличается от предыдущих вариантов группы VIII тем, что развитие взрыва происходит в двух направлениях от магистрали, проложенной в средней части блока в направлении его простирания

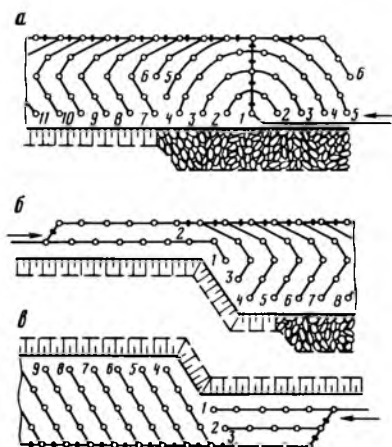


Рис. 103. Комбинированные схемы соединения зарядов:

1—11 — очередность взрывания; направление детонации показано стрелкой

(рис. 102, з). Это позволяет применять минимальное количество ВВ в одном интервале без ущерба для качества дробления и получения равномерного развала.

Группа IX — комбинированные схемы взрывания, состоящие из элементов отдельных вариантов приведенных групп. Учитывая, что построение различных комбинаций не представляет особых трудностей, детальное описание возможных вариантов здесь не приводится. Для примера рассмотрим лишь варианты *А*, *Б* и *В*.

Вариант *А* представляет собой комбинацию радиальной и волновой схем взрывания (рис. 103, а). Применяется в том случае, когда один участок взрываемого блока представлен весьма крепкими, трудновзрывными породами, откос уступа не подобран, а другой участок блока подобран и представлен легкодробимыми, но сложноструктурными породами. На первом участке выгодно применить радиальную, а на втором — диагональную схему взрывания.

Вариант *Б* включает в себя порядную и волновую схемы (рис. 103, б). Порядная схема взрывания применима на участке блока, представленном легкодробимыми однородными породами, волновая — на участке, где имеются труднодробимые породы и требуется уменьшение ширины развала пород в направлении с.п.п. уступа.

Вариант *В* характерен сочетанием порядной и диагональной схем взрывания (рис. 103, в), что позволяет использовать достоинства той или другой схемы при различном числе рядов скважин на каждом участке блока, представленных породами различных физико-механических свойств.

Достоинством комбинированных схем является главным образом то, что они позволяют сочетать преимущества ряда вариантов схем, что весьма важно в условиях карьеров при выполнении крупных массовых взрывов. Крупные массовые взрывы обычно приурочены к участ-

кам большой протяженности. При этом нередко породы каждого блока различаются по своим физико-механическим свойствам и могут быть обурены при различном диаметре скважин и т.д. В этих условиях нельзя обойтись одной, строго установленной последовательностью взрывания зарядов, так как она в одних условиях является рациональной, а в других не дает необходимого эффекта. Эти факторы следует учитывать при выборе вариантов схем для каждого участка проектируемого массового взрыва.

Вышеприведенная классификация схем взрывания зарядов, применяемых на карьерах, показывает, что наиболее результативными являются врубовые порядные, диагональные и волновые схемы. Следует особо подчеркнуть, что врубовые схемы приемлемы при взрывании в крепких однородных горных породах. Использование схем в породах со сложной текстурой, слоистых с меняющейся крепостью по высоте уступа приводит к большой анизотропности полей напряжения и, как следствие, к неравномерному дроблению. В этих условиях более эффективны волновые и комбинированные схемы взрывания.

§ 111. Применение параллельно-сближенных скважинных зарядов

Параллельно-сближенные заряды на карьерах применяют при больших величинах с.п.п., когда одиночные скважины при коэффициенте сближения 0,6 не обеспечивают нормальную проработку подошвы уступа, из-за чего в нижней части образуются пороги.

Для успешного применения параллельно-сближенных скважинных зарядов на карьерах возникает необходимость выбора рациональных параметров их расположения на уступе (расстояние между скважинами в группе a_c ; расстояние между группами скважин a_k ; число скважин в группе N и др.).

Расстояние между скважинами в группе принимают из условия обеспечения плоской формы фронта волн напряжения и не должно превышать $(4-6) d_3$. Необходимое число скважин в группе определяется по формуле

$$N = Q_n / P,$$

где Q_n — масса подошвенного заряда, кг; P — фактическая вместимость ВВ в 1 м скважины заданного диаметра, кг.

При определении рационального расстояния между группами параллельно-сближенных скважин допускается, что зона разрушения отдельным зарядом, находящимся в параллельно-сближенной группе одинаковая, т.е. площадь разрушения по подошве уступа, приходящаяся на один скважинный заряд $(a_c W)$, для пород с одинаковыми свойствами взрываемости — величина постоянная.

Тогда

$$a_{\kappa} = S_{\text{од}} N/W, \quad (27)$$

где $S_{\text{од}}$ — площадь разрушения по подошве уступа, приходящаяся на один скважинный заряд, м^2 .

Коэффициент сближения зарядов m для параллельно-сближенных групп должен находиться в пределах 0,5–0,8, а в отдельных скважинах второго и последующего рядов 1,0–1,2. Поэтому расчетные значения a_{κ} проверяют по коэффициенту сближения. Если отношение $a_{\kappa}/W < 0,5$, то необходимо увеличить число скважин в группе и пересчитать сетку скважин по формуле (27).

Величину преодолеваемого с.п.п. по сравнению с расчетной увеличивают при спаренных скважинах в $\sqrt{2} = 1,4$ раза, при строиваемых — в $\sqrt{3} = 1,7$ и т.д., т.е. с.п.п. для парносближенных скважин определяют по формулам:

$$W = \sqrt{\frac{2P}{q}}; \quad W = 0,9 \sqrt{\frac{2P}{q_{\text{ф}}}},$$

где q — расчетный удельный расход ВВ, кг/м^3 ; $q_{\text{ф}}$ — фактический удельный расход ВВ, кг/м^3 .

Параллельно-сближенные скважины рассчитывают как одиночные с эквивалентной вместимостью.

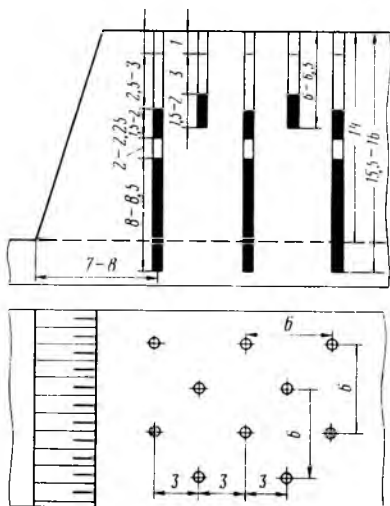
§ 112. Применение дополнительных укороченных скважин на карьерах с крупноблочной структурой горных пород

В крупноблочных горных породах равномерное дробление после взрыва связано со значительными трудностями. В этих условиях из верхней части массива, где в скважине размещена забойка, наблюдается выход крупных фракций.

Для более равномерного размещения ВВ в массиве применяют вспомогательные скважины, предназначенные для дробления верхней части. Вспомогательные скважины обычно имеют меньший диаметр, вдвое меньшую глубину и размещаются в местах пересечения диагоналей, соединяющих основные скважины. Величину заряда вспомогательных скважин применяют близкой к предельному значению. Вспомогательные скважинные заряды, располагаемые в верхней части массива, улучшают степень дробления без увеличения числа основных скважин и возрастания удельного расхода ВВ по всему блоку. Таким образом достигается необходимое дробление трудновзрываемых горных пород без увеличения удельного расхода ВВ.

Взрывы с укороченными вспомогательными скважинами были проведены на Кременчугских гранитных карьерах комбината нерудных ископаемых и комбината строительных материалов (рис. 104). Взрывааемый массив был разбит системой трещин на естественные от-

Рис. 104. Схема расположения основных и вспомогательных скважин (размеры в м)



дельности, относящиеся к негабариту по своим размерам. Породы представлены среднезернистыми, трещиноватыми и обводненными гранитами с коэффициентом крепости $f = 12 \div 14$. Блок разделяли на контрольный (на котором взрывали скважины по применяемой ранее схеме) и экспериментальный участки.

Анализ технических показателей для одного разрабатываемого горизонта показал, что увеличение параметров сетки скважин на 10–13 % не приводит к пропорциональному увеличению выхода негабарита. Следовательно, сетку скважин можно увеличить при соблюдении рациональной конструкции заряда и условий взрывания. Поэтому основные скважины диаметром 214 мм бурили по сетке 6 x 6 м на глубину 16 м. Вспомогательные укороченные скважины диаметром 214 мм и глубиной 6 м были пробурены в местах пересечения диагоналей, соединяющих основные скважины.

Нижние обводненные участки скважин были заряжены гранулированным тротилом, верхние сухие — аммонитом 6ЖВ. Заряды вспомогательных скважин взрывали с замедлением 10–20 мс по отношению к зарядам предыдущего ряда с тем, чтобы не уменьшить величину л.н.с. в верхней части уступа для основных зарядов следующего ряда.

Рассредоточение заряда и применение укороченных скважин позволило уменьшить развал горной массы, увеличить выход кондиционных фракций 0–700 мм на 8–10 %, снизить выход негабарита с 18 до 8–10 %, уменьшить средний диаметр куска и тем самым увеличить степень дробления на 30–32 %. Увеличение степени дробления дало возможность на 20–25 % увеличить производительность дробилок и экскаваторов и на 30 % снизить затраты на вторичное дробление.

§ 113. Влияние начала инициирования на конструкцию заряда и эффективность взрыва

Дальнейшее совершенствование конструкции заряда заключается в рациональном размещении средств инициирования.

При взрывании вертикальных, скважинных зарядов, длина которых во много раз превышает диаметр, большое значение имеют время прохождения детонации по заряду и место расположения боевика, так как форма падающего фронта поля напряжений в породе находится в зависимости от скорости детонации. Причем в конкретном случае распределение напряжений в массиве зависит от отношения скорости детонации D к скорости продольной волны напряжений c_p . Это отношение характеризует угол, под которым фронт поля напряжений распространяется в породе и определяет относительное время прихода волны к открытой поверхности. Результирующий фронт поля напряжений, располагающийся вдоль скважины, имеет форму конуса, если $n = D/c_p > 1$, и сферическую форму, если $n = D/c_p \leq 1$.

При инициировании заряда в направлении от дна скважины детонационная волна распространяется от нижнего конца заряда к забойке. Время ее прохождения по всей колонке заряда определяется по формуле

$$t_d = l_3/D,$$

где l_3 — длина колонки заряда, м.

Для гранулированного тротила $t_d = 2,2 \cdot 10^{-3}$ с, $l_3 = 10$ м. За это время фронт поля напряжений практически успевает дойти до открытой поверхности.

При взрывании аммонита 6ЖВ подающий фронт поля напряжений достигает открытой поверхности до окончания детонации колонки скважинного заряда. Общая картина распространения результирующего фронта поля напряжений и характера распределения составляющих единичного вектора номинального напряжения в этом случае та же, что и при взрывании гранулированного тротила.

Несколько иной характер распределения напряжений наблюдается при взрывании игданита. В данном варианте результирующий фронт поля имеет четкую сферическую форму. За время прохождения детонации по всей колонке заряда, равное 4,5 мс, фронт поля напряжений успевает дойти до поверхности и в виде отраженного поля следует в сторону заряда.

Анализируя полученные формы распространения фронта поля напряжений, нетрудно убедиться в том, что инициирование заряда снизу создает благоприятные условия для разрушения нижней части уступа. Когда средство инициирования в скважинном заряде расположено со стороны устья скважины, то детонация распространяется по заряду и фронт поля напряжений доходит до поверхности откоса уступа и верхней площадки уступа.

Таблица 50

Дробление пород в зависимости от начала инициирования заряда

Фракция, мм	Содержание фракции, %		Фракция, мм	Содержание фракции, %	
	на участке с инициирова- нием снизу	на конт- рольном участке		на участке с иници- рованием снизу	на контроль- ном участке
< 200	53	52	600–700	5	3
200–300	10	8,9	700–1000	16,5	21
300–400	3	3,4	1000–1200	2,1	2,6
400–500	2	1	> 1200	1,6	2,4
500–600	7	4			

Анализ гранулометрического состава горной массы при различном положении боевика, приведенный в табл. 50, позволил установить, что на участке с инициированием заряда снизу дробление лучше, чем на участке с инициированием заряда сверху. Выход негабарита на экспериментальном участке составил 20 %, а на контрольном — 26 %. Кроме того, на участке с инициированием снизу при перебуре 1 м отмечено понижение уровня подошвы уступа на 25 см по сравнению с отметкой предыдущего взрыва. На остальной же площади взрываемого блока потребовалось пробурить 24 шпура по подошве уступа для ликвидации порогов, образовавшихся при взрывании.

Таким образом, теоретические исследования показали, что инициирование зарядов снизу обеспечивает более интенсивное и равномерное дробление горных пород взрывом. Вместе с тем при определении места расположения боевика необходимо учитывать еще и то обстоятельство, что многие ВВ детонируют в низкоскоростном режиме от двух нитей ДШ, а это отрицательно сказывается на общей величине энергии, выделяемой при взрыве. Размещение боевика в нижней части обводненной скважины может явиться причиной намокания ДШ, слабой передачи детонации и, как результат, отказа зарядов ВВ.

В связи с этим рекомендуется в одной скважине размещать два боевика: один на уровне подошвы уступа, другой — в верхней части скважины. Такое расположение боевиков обеспечивает нормальное протекание детонационного процесса в скважине, создает благоприятные условия для образования необходимой формы поля напряжения, более равномерное дробление горной массы и исключает отказы скважинных зарядов.

§ 114. Метод отбойки горных пород наклонными скважинными зарядами

Взрывание наклонными скважинными зарядами применяется на карьерах все шире, так как этот метод обеспечивает улучшение качества дробления массива и более полную проработку подошвы (рис. 105).

Более равномерное распределение энергии ВВ по высоте уступа в наклонных скважинах, возможность увеличения преодолеваемой с.п.п. и расстояния между рядами, а также уменьшение глубины перебура по сравнению с вертикальными скважинами, обеспечивает снижение затрат на отбойку в случае не только однорядного, но и многорядного расположения наклонных скважин.

С.п.п. для наклонных скважин (м) определяется по формулам:

$$W_H = \frac{1}{\sin \alpha} \sqrt{\frac{P}{q}} \text{ или } W_H = \frac{0,9}{\sin \alpha} \sqrt{\frac{P}{q}},$$

где α — угол наклона скважины к горизонту, градус.

По данным Союзвзрывпрома глубину перебура при использовании наклонных скважин следует определять из выражения

$$l_{\text{пер}} = (0,1 - 0,3) W_H.$$

Зависимость между максимальной с.п.п. и углом наклона (для скважин с $\alpha > 60^\circ$) может быть выражена эмпирической формулой

$$\frac{W_H}{d} = \frac{W}{d} + a_1 e^{-b_1 \sin \alpha},$$

где W — с.п.п., преодолеваемая вертикальными скважинами, м; d — диаметр скважины, м; a_1 и b_1 — эмпирические коэффициенты, зависящие от свойств разрушаемых пород, параметров отбойки, типа применяемых ВВ (определяются экспериментальным путем); e — основание натуральных логарифмов.

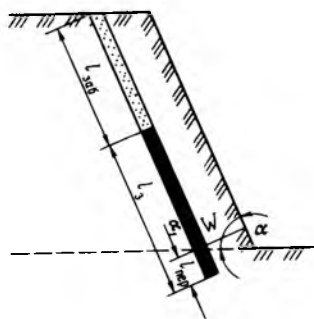


Рис. 105. Схема расположения наклонных скважинных зарядов

Коэффициент сближения при использовании наклонных скважин практически не изменяется по сравнению с вертикальными скважинами. Наиболее распространенное значение коэффициента сближения наклонных скважин на карьерах составляет 0,9–1,1. В случае многорядного взрывания скважинных зарядов расстояние между рядами может быть увеличено по сравнению с отбойкой вертикальными скважинами.

Расстояние между рядами наклонных скважин (м) следует рассчитывать по формуле

$$b = (0,85 \div 1,0) W_n.$$

РАЗДЕЛ V

ТЕХНОЛОГИЯ, МЕХАНИЗАЦИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ НА КАРЬЕРАХ

Глава XVII

ВЫБОР ТЕХНОЛОГИИ И СХЕМЫ КОМПЛЕКСНОЙ МЕХАНИЗАЦИИ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ

§ 115. Технология выполнения взрывных работ

В настоящее время на карьерах применяется в основном три технологии выполнения взрывных работ.

Технология, основанная на комплексной механизации всех работ. При этой технологии с помощью комплекса машин осуществляется механизированная разгрузка, складирование, растаривание, погрузка и зарядание ВВ. Это наиболее современная технология. Она освоена и широко применяется на крупных карьерах черной и цветной металлургии и других отраслях народного хозяйства. Эта технология применяется при проектировании новых предприятий.

Технология, при которой механизированы отдельные технологические процессы. При этой технологии в основном механизмируют процесс зарядания скважин, а такие процессы как разгрузка ВВ из вагонов, выгрузка ВВ на складах, растаривание и погрузка ВВ в зарядные машины выполняются вручную. Такая технология экономически малоэффективна. При этой технологии мешок с ВВ три-четыре раза перегружается вручную и лишь один раз при зарядании ВВ достигается механизированное выполнение работ.

В народном хозяйстве при выполнении небольших объемов взрывных работ применяется ручная технология выполнения всех

процессов. При этой технологии мешок с ВВ пять-шесть раз перегружается рабочим вручную. Эта технология малопроизводительна.

§ 116. Технологические предпосылки выбора схем комплексной механизации взрывных работ на карьерах

Выбор схемы комплексной механизации взрывных работ является исходным этапом при разработке комплекса отдельных машин, где должны учитываться следующие основные технологические предпосылки механизации взрывных работ при выборе схем комплексной механизации взрывных работ.

1. Высокая безопасность работ. Комплекс машин по механизации работ с ВВ должен в первую очередь отвечать условиям безопасности и надежности работ как отдельного механизма, так и целого комплекса машин и механизмов. В безопасности работы с ВВ огромное значение имеет контакт с ними рабочих. При выборе схем наиболее целесообразными будут те схемы, которые исключают контакт рабочих с ВВ или создают условия минимального контакта рабочих с ВВ.

2. Высокая производительность труда и минимальные объемы работ, выполняемых вручную. На современных горных предприятиях большой объем работ с ВВ немеханизирован, в отдельных случаях ВВ три-пять раз подвергается ручной перевалке. Даже на некоторых механизированных комплексах ВВ один-два раза подвергается ручной обработке. Поэтому при выборе схем комплексной механизации необходимо стремиться к тому, чтобы объем ручных операций с ВВ был минимальным.

3. Применяемая схема комплексной механизации или ряд принятых для данного предприятия схем должен позволять механизировать зарядание двух-трех типов ВВ, иметь одинаковую нагрузку на все машины и механизмы, повысить экономическую эффективность взрывных работ, сократить сроки зарядания скважин и увеличить масштаб массовых взрывов.

Выбор схем комплексной механизации должен определяться технологическими и организационными предпосылками и учитывать все факторы, влияющие на выполнение работ.

На выбор схем оказывают влияние следующие факторы:

1. Тип применяемого взрывного вещества — гранулированные ВВ; простейшие ВВ типа игданит; водосодержащие ВВ.

2. Мощность предприятия — большой производственной мощности с объемом взрывных работ 10—50 тыс. т ВВ в год; средней производственной мощности с объемом взрывных работ 1—10 тыс. т ВВ в год; небольшой производственной мощности объемом взрывных работ 200—1000 т ВВ в год.

3. Условия доставки ВВ на предприятия могут быть следующие: ВВ доставляется на предприятие в мешкотаре в вагонах МПС; ВВ достав-

ляется в мешкотаре в вагонах предприятия—получателя ВВ; ВВ доставляется в специальных контейнерах; ВВ доставляется в специальных цистернах.

4. Стадии развития данного предприятия: эксплуатация действующего предприятия с построенными базисными складами ВМ; реконструкция базисных складов ВМ; проектирование базисных складов; создание и проектирование крупных межотраслевых комплексно-механизированных предприятий по ведению взрывных работ с механизированными базисными складами.

Технологическая схема комплексной механизации определяет последовательность выполнения всех работ с учетом рассмотренных выше технологических и организационных факторов.

При выборе схемы комплексной механизации взрывных работ для предприятия, использующего несколько типов ВВ, например, гранулированные ВВ промышленного приготовления, игданиты и водонаполненные ВВ. Методом технико-экономического анализа делается оценка сначала выбора той или иной схемы для одного типа ВВ, а затем и экономическое обоснование применения двух-трех типов ВВ и схемы комплексной механизации взрывных работ. В соответствии с принятой схемой разрабатывается или применяется серийно выпускаемый комплекс машин и механизмов для заряжания скважин.

§ 117. Схемы комплексной механизации при использовании простейших взрывчатых веществ

При использовании на предприятии простейших ВВ (игданитов) экономическая эффективность их применения будет повышаться при комплексной механизации работ по доставке, приготовлению и заряданию. В этих условиях огромное значение имеет выбор схем комплексной механизации.

В практике нашей страны и за рубежом применяют много схем комплексной механизации по доставке компонентов приготовлению и заряданию простейших ВВ.

Рассмотрим пять основных схем, применяемых на практике и рекомендуемых к использованию их на горных предприятиях.

1. Схема комплексной механизации автомобильной доставки аммиачной селитры (рис. 106, а) может быть использована в том случае, когда горное предприятие размещается в радиусе 100 км от завода—изготовителя аммиачной селитры. В этом случае аммиачная селитра доставляется в россыпном виде в машинах 1 типа цементовоз. Аммиачная селитра доставляется в россыпном виде, сжатым воздухом по шлангу 2 подается на ленточный конвейер 3, затем в здание 4 для хранения. В здании мостовой кран 5 с бадьей 6 перемещает аммиачную селитру по территории склада и в бункер 8 с роторной дробилкой. В здании склада находится погрузчик 7 аммиачной селитры

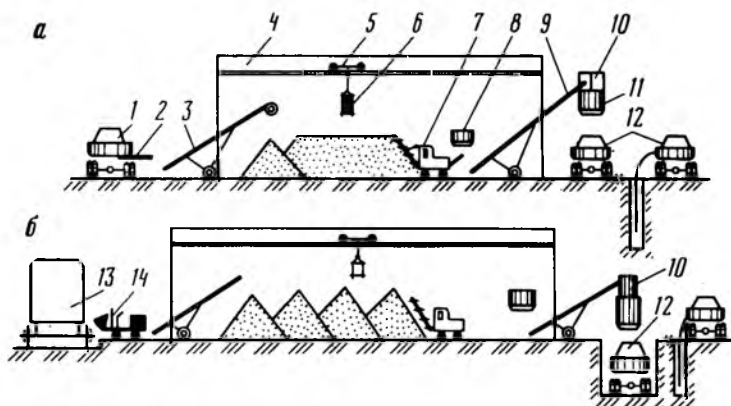


Рис. 106. Схемы комплексной механизации при работе с игданитом и доставке аммиачной селитры автомобильным (а) и железнодорожным транспортом (б)

в бадьи. После роторной дробилки аммиачная селитра подается на наклонный ленточный конвейер 9 и по нему — в смесительную установку 10. Приготовленный в смесительной установке игданит попадает в бункер-накопитель 11 и по мере потребности загружается в зарядную машину 12. Зарядная машина доставляет ВВ на карьер и заряжает им скважину.

При отсутствии цементовозов аммиачная селитра может доставляться на предприятия в зарядных машинах с пневматическими диафрагмами и выгружаться самотеком в приемный лоток ленточного конвейера. На указанной схеме подача аммиачной селитры при необходимости может производиться в лоток конвейером 9 и передаваться в смесительную установку для приготовления игданита. Тем самым сокращается объем перегрузок и повышается экономическая эффективность схемы.

Достоинства схемы: отсутствует ручной труд; при подборе необходимой техники можно достигнуть высокой производительности установки; высокая надежность и простота схемы. Однако перегрузка аммиачной селитры и ее автомобильная подача снижают эффективность схемы. Эта операция может быть исключена при непосредственной подаче аммиачной селитры на конвейер 9 для передачи в смесительную установку.

II. Схема комплексной механизации при доставке аммиачной селитры железнодорожным транспортом в россыпном виде. Схема комплексной механизации доставки и хранения компонентов, приготовления и заряжания игданитов (рис. 106, б) может быть применена в том случае, когда горное предприятие размещается на значительном расстоянии от завода-изготовителя аммиачной селитры и последняя подается на горное предприятие в желез-

нодорожных вагонах 13 в россыпном виде. Выгрузка аммиачной селитры из вагона на конвейер выполняется с помощью ковшового погрузчика 14 или вакуумной установки. Остальные процессы — хранение, перегрузка, дробление, смешивание и погрузка в зарядную машину — осуществляются по схеме I. Если в качестве средств доставки аммиачной селитры принять саморазгружающиеся вагоны-хопперы, то схема приобретает индивидуальный вид. В этом случае аммиачная селитра попадает непосредственно на конвейер, а затем до зарядной машины все операции проходят по схеме I.

Достоинства схемы: отсутствие ручного труда и контакта рабочих с ВВ; высокая производительность комплекса; надежность и простота применяемой схемы. Недостатки: возможность слеживания аммиачной селитры во время транспортирования; перегрузка селитры на складе; немеханизированная выгрузка аммиачной селитры из вагонов.

III. Схема комплексной механизации при доставке аммиачной селитры железнодорожным транспортом в мешкотаре. Аммиачная селитра в мешкотаре доставляется на горное предприятие в железнодорожных вагонах (рис. 107, а). Загрузка вагонов аммиачной селитрой в мешкотаре наиболее целесообразна штабелями без поддонов.

Для выгрузки аммиачной селитры из вагонов целесообразно использовать машину 1 с вакуумным захватом. Машина работает в комплексе с ленточным конвейером, часовая производительность комплекса 300–360 мешков. После выгрузки из вагона мешки с аммиачной селитрой по конвейеру попадают в растариватель 2. После растаривания аммиачная селитра хранится в здании. Все последующие операции выполняются по схемам I и II.

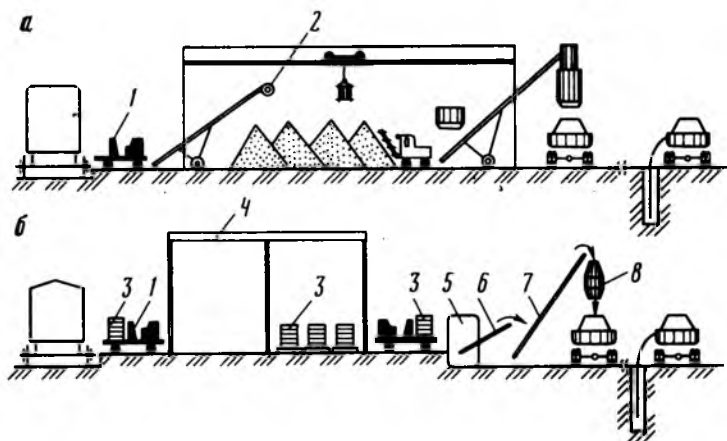


Рис. 107. Схемы комплексной механизации зарядания игданитом при доставке аммиачной селитры железнодорожным транспортом в мешкотаре

Достоинства схемы: высокая производительность по выгрузке аммиачной селитры из вагона; отсутствие ручного труда и контакта рабочих с селитрой; высокая производительность комплекса.

IV. Схема комплексной механизации при доставке аммиачной селитры в железнодорожных вагонах и хранение ее в мешкотаре (рис. 107, б). Аммиачная селитра доставляется на предприятие в железнодорожных вагонах. Выгрузка мешков с аммиачной селитрой и формирование пакетов на поддонах выполняются вручную. Пакеты мешков на поддонах 3 с помощью электропогрузчика доставляются в здание 4 и остаются там для длительного хранения.

С помощью электропогрузчика поддоны доставляются к месту растаривания и мешки вручную подаются в установку 5. В качестве смесительной установки применяется ИСИ-1, которая производит растаривание, рыхление аммиачной селитры, ее просеивание и смешивание с дизельным топливом. Готовый игданит передается конвейером 6 на шнековый конвейер 7, далее -- в бункер-наполнитель 8, а затем в зарядную машину. Зарядная машина доставляет ВВ на карьер и выполняет зарядание.

Достоинства схемы: хранение аммиачной селитры в мешках уменьшает число перегрузок. Недостатки: применение ручного труда при формировании пакетов на поддонах и выгрузке в установку; смешивание аммиачной селитры в мешках при хранении на складах.

V. Схема комплексной механизации при хранении аммиачной селитры в специальных емкостях. Для уменьшения объема перегрузочных работ, исключения ручного труда и контакта людей с аммиачной селитрой и ВВ может быть предложена схема комплексной механизации, отличительной особенностью которой является то, что аммиачная селитра хранится в емкостях с пневматическими диафрагмами. Пневматические диафрагмы периодически рыхлят содержащуюся в емкостях аммиачную селитру, не давая ей слеживаться и при необходимости обеспечивают быструю выгрузку аммиачной селитры. В условиях Кривбасса ячейка такого хранилища испытана в течение четырех месяцев и показала высокую эффективность хранения аммиачной селитры.

Аммиачная селитра поступает на предприятие в вагонах в растаренном виде или в мешкотаре. И в том и другом случае имеются механизмы для выгрузки селитры на конвейер растаривающей установки. Если селитра подается в растаренном виде в обычных вагонах, то подачу ее на ленту конвейера производят с помощью погрузчика, если в саморазгружающихся вагонах, то разгрузка ее идет прямо на ленту. Если селитра подается в мешкотаре, то выгрузка из вагонов идет с помощью погрузчиков с вакуумными захватами.

Выгруженная селитра подается на конвейер передвижного растаривателя, затем в головку растаривания и высыпается в секцию склада для постоянного хранения. По мере необходимости ленточным конвейером аммиачная селитра подается в смесительную установку с бун-

кером-накопителем. Для рыхления аммиачной селитры при хранении и выгрузке ее из секции склада используются пневматические диафрагмы.

При необходимости для приготовления игданита открывается затвор секции склада и селитра по конвейеру подается в смеситель. Готовый игданит пересыпается в бункер-накопитель, а затем в зарядную машину для доставки на карьер и последующего заряжения скважин.

Достоинства схемы: полная механизация всех работ по хранению, изготовлению и заряжению игданитов; высокая производительность комплекса; отсутствие перегрузок; высокая надежность и простота схемы; отсутствие контакта рабочих с аммиачной селитрой и ВВ. К недостаткам следует отнести слеживаемость селитры.

§ 118. Схемы комплексной механизации при хранении взрывчатых веществ в мешкотаре

При использовании ВВ принят двукратный его учет на базисных и расходных складах ВМ. Поэтому ВМ, поступающие на предприятие-потребитель, перемещаются по следующей схеме. ВВ поступает на базисный склад ВМ в вагонах МПС, выгружается из них в хранилище. ВВ для массовых взрывов на карьеры транспортируют автомобилями через расходный склад ВМ.

На современных крупных горных предприятиях в эксплуатации находятся действующие склады ВМ. В этих условиях невозможно полностью механизировать все разгрузочно-погрузочные работы с ВМ. Инженерно-технические службы предприятий пытаются найти промежуточные решения, дающие возможность использовать действующие склады и до некоторой степени механизировать погрузочно-разгрузочные работы и растаривание ВВ для механизированного их заряжения. В результате возникла идея создания постоянных растаривающих комплексов для частичной механизации работ с ВВ.

Схема комплексной механизации погрузочно-разгрузочных работ, растаривания ВВ, его погрузки в зарядные машины и заряжения скважин при использовании постоянных растаривающих комплексов показана на рис. 108. ВВ подается на склад в вагонах 1. У вагона на поддонах из мешков формируются пакеты 3. С помощью электропогрузчика 2 пакеты доставляются в здание-хранилище 4, где остаются для постоянного хранения. По мере потребности пакеты с ВВ доставляются электропогрузчиком к постоянной растаривающей установке. По наклонному конвейеру 5 ВВ подается на растаривающую установку 6 типа УРВ-2. Растаренное ВВ попадает в бункер-накопитель 7, а по мере необходимости — в зарядную машину 8 и в скважину 11. Мешкотара после растаривания ВВ по лотку 9 выгружается в прицеп 10 и затем отправляется в отведенное место (см. рис. 108).

Достоинство принятой схемы необходимо рассматривать с учетом работы действующих на большинстве горных предприятий базис-

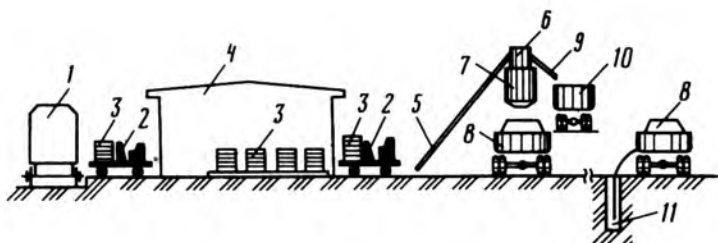


Рис. 108. Схема комплексной механизации постоянно действующего растаривающего комплекса

ных складов, где принята следующая схема погрузочно-разгрузочных работ. ВВ вручную выгружается из вагона и доставляется к месту его хранения на складе. Затем грузится на автомашины, выгружается на карьере и после ручного растаривания высыпается в скважину. В общей сложности получаются четыре ручные переноски. Такая технология принята на многих мелких и средних горных предприятиях.

Несмотря на ряд недостатков этой схемы (см. рис. 108) достигается: использование существующих базисных складов; более чем в 3 раза уменьшается объем трудоемких процессов; наличие бункера-наполнителя дает возможность заготовить ВВ для заряжания и позволяет повысить производительность и снизить простои зарядных машин под погрузкой и небольшие расходы на механизацию всех работ по указанной схеме. Данная схема впервые была реализована при организации крупных массовых взрывов в Кривбассе. Недостаток схемы заключается в том, что не обеспечивается механизация всего комплекса работ. От места хранения до растаривающего комплекса — значительное расстояние и при больших массовых взрывах приходится грузить ВВ на поддонах в автомашины, а около растаривающей установки погрузчиком снимать и по одному мешку подавать на конвейер.

Эту схему, как первый вариант механизации взрывных работ на карьерах, необходимо рекомендовать предприятиям, имеющим базисные склады, внедрять в производство.

На предприятиях с небольшим объемом взрывных работ более эффективна схема, показанная на рис. 109, с передвижной растаривающей установкой. Указанная схема располагает теми же недостатками и достоинствами, что и предыдущая. Обе эти схемы являются промежуточными, но их применяют широко.

В дальнейшем были разработаны технологические схемы комплексной механизации, предусматривающие полную механизацию трудоемких процессов при ведении взрывных работ на карьерах. Комплекс машин и механизмов, входящих в ту или иную технологическую схему, определяется видом тары, в которой ВВ поступает с завода-изготовителя на базисный склад ВМ.

В случае поступления ВВ с завода-изготовителя в бумажной мешкотаре (первый вариант) вагоны МПС, загруженные ВВ, с внутренней 270

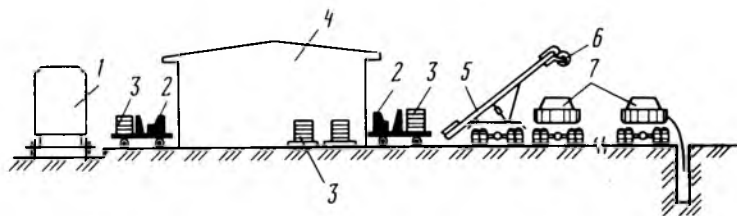


Рис. 109. Схема комплексной механизации для предприятий с малым объемом взрывных работ:

1 — железнодорожный вагон; 2 — электропогрузчик; 3 — пакет мешков с ВВ на поддонах; 4 — помещение для постоянного хранения; 5 — ленточный конвейер растаривающей установки; 6 — растаривающая головка; 7 — зарядная машина

маркировкой и необходимыми пломбами поступают на базисные склады ВМ предприятия-потребителя. На базисном складе вагоны с ВВ используются в качестве его хранилища. Благодаря имеющемуся обменному фонду предприятие-потребитель возвращает МПС определенное число порожних вагонов.

На карьерах вагоны с ВВ при помощи локомотива транспортируются на расходный склад ВМ или место растаривания на борту карьера, где их подают к растаривающим машинам типа МПР-30. При этом ВВ в бумажной мешкотаре из вагона МПС по рольгангу попадает на конвейер растаривающей машины, по которому транспортируется к растаривателю. После растаривания ВВ через проем растаривателя попадает в бункер транспортно-зарядной машины типа МЗ-8, МЗ-12, с помощью которой осуществляется доставка ВВ на карьеры и механизированное зарядание скважин.

Когда расстояния транспортирования ВВ от расходного склада сравнительно велики (порядка 15–20 км), вблизи карьеров целесообразно иметь промежуточный расходный склад ВМ. Данный склад представляет собой оборудованную площадку с земляной обвалкой, железнодорожными путями и одной или несколькими растаривающими машинами МПР-30. Вагоны с ВВ транспортируются из базисного склада непосредственно на площадку промежуточного расходного склада ВМ, где ВВ с помощью машин МПР-30 растаривается и загружается в бункера зарядных машин. После этого зарядными машинами ВВ доставляется на место проведения массовых взрывов. Нахождение промежуточного расходного склада вблизи карьера способствует увеличению производительности и эффективности использования растаривающих и зарядных машин.

В данном варианте общее число необходимых вагонов для предприятия-потребителя определяется из расчета коэффициента обмена. В частности, фактический коэффициент обмена для Кривбасса составляет около 13, необходимое число вагонов грузоподъемностью 60 т — 90 шт. Однако если организовать нормальное снабжение предприятия

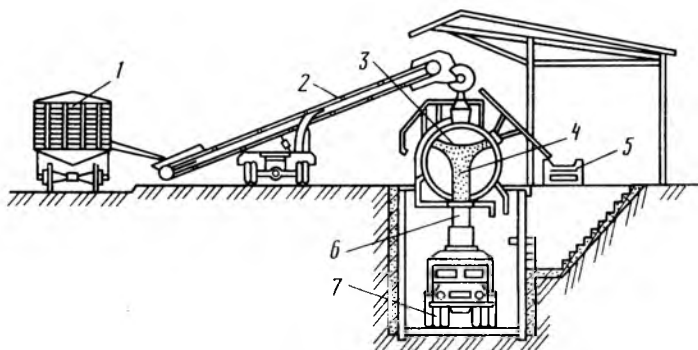


Рис. 110. Схема механизации на базисном складе:

1 — железнодорожный вагон; 2 — погрузочно-растаривающая машина МПР-30; 3 — емкость базисного склада; 4 — силовая диафрагма; 5 — конвейер для удаления мешкотары; 6 — дозатор базисного склада; 7 — зарядная машина

ВВ, можно обеспечить коэффициент обмена, равный 20—24. Тогда понадобятся всего 57—62 вагона той же грузоподъемности.

При первом варианте технологической схемы повышается производительность труда благодаря централизованной доставке ВВ на карьеры и сокращению расстояния доставки ВВ в зарядных машинах. В случае, когда расходный склад ВМ находится недалеко от карьеров или невозможно разместить вблизи карьера промежуточный склад, целесообразнее второй вариант технологической схемы (рис. 110). При этом варианте ВВ поступает в железнодорожных вагонах на базисный склад. Вагоны подают к растаривающей машине МПР-30, после чего ВВ в бумажной мешкотаре из вагонов поступает на конвейер машины МПР-30, по которому транспортируется к ее растаривающей головке, после растаривания под действием собственного веса через разгрузочный проем ВВ загружается в одну из секций хранилища с управляемыми пневмодиафрагмами. По мере потребности ВВ с помощью пневмодиафрагмы выгружают из секций. При этом ВВ через дозаторное устройство секции под действием собственного веса попадает в бункер зарядных машин МЗ-8, МЗ-12, МЗ-4, выполняющих доставку ВВ на карьеры и механизированное заряжание скважин.

В случае необходимости возможна загрузка ВВ транспортно-зарядной машиной, непосредственно машиной МПР-30, минуя секции хранилища. Для этого у хранилища предусматривается площадка, на которой зарядная машина устанавливается под загрузку.

§ 119. Схемы комплексной механизации при хранении ВВ в специальных емкостях

Рассмотренные выше схемы предусматривают поступление ВВ на предприятия в мешкотаре, что связано с необходимостью их непроизводительной выгрузки из вагонов.

Рассмотрим технологические схемы комплексной механизации при ведении взрывных работ, предусматривающие поступление ВВ на базисный склад в специальных вагонах-цистернах в насыпном виде.

На базисном складе вагоны-цистерны устанавливаются на обвалованных площадках в качестве хранилищ. Благодаря имеющемуся обменному фонду предприятие-потребитель возвращает на завод-изготовитель необходимое число порожних вагонов-цистерн. При этом варианте комплексной механизации технологические операции выполняются в следующей последовательности.

Вагон-цистерна транспортируется из базисного склада ВМ непосредственно на промежуточный склад вблизи карьера, где ВВ по наклонному желобу под действием собственного веса из цистерны попадает в бункер зарядной машины. После этого ВВ доставляется на место проведения взрывных работ.

При применении данного варианта схемы исключаются пункты растаривания на складах предприятий-потребителей, а следовательно, отсутствуют расходы на растаривание и расфасовку ВВ в мешкотару на заводах-изготовителях.

Вагон-цистерна с управляемыми пневмодиафрагмами предназначена для транспортирования ВВ от завода-изготовителя на базисный склад ВМ, хранения ВВ и доставки его на карьер. Вагон-цистерна изготавливается из нержавеющей листовой стали, представляет собой емкость цилиндрической формы, по длине разделенную на пять секций (грузоподъемностью 12 т каждая) с загрузочными и выпускными проемами и дозаторами. В каждой секции цистерны имеется управляемая пневмодиафрагма, изготовленная из специальной прорезиненной ткани, которая обеспечивает снятие зарядов статического электричества.

Пневмодиафрагма предназначена для периодического рыхления ВВ во время его хранения на базисном складе и интенсивной выгрузки его из секции цистерны в бункер зарядной машины. Для этого пневмодиафрагма герметично закрепляется в средней части секции по периметру ее стенок. Во время рыхления или выгрузки ВВ из секции цистерны сжатый воздух (под давлением 0,02—0,03 МПа) подается в полость, образованную между стенками секции и пневмодиафрагмой. Выпускные проемы заканчиваются съемным дозирующим устройством для учета выгружаемого ВВ.

Для нормальной работы применительно к условиям Кривбасса достаточно иметь 100—150 вагонов-цистерн при коэффициенте обмена 13. Если коэффициент обмена увеличить до 24, то предприятию понадобится не более 80 вагонов.

Описанные технологические схемы комплексной механизации при ведении взрывных работ позволяют механизировать растаривание ВВ из мешкотары, загрузку зарядных машин и зарядание ВВ на карьерах. Однако при переработке ВВ на складах не исключен контакт обслуживающего персонала с ВВ, кроме того имеются места пылеобразования, что в значительной степени ухудшает условия труда.

В связи с этим разработана технологическая схема с использованием универсальных контейнеров с управляемыми пневмодиафрагмами и силовыми направляющими потоками, обеспечивающая полную механизацию всех трудоемких процессов при ведении взрывных работ на карьерах (рис. 111). При этом варианте технологической схемы основные операции выполняются в следующей последовательности. На заводе-изготовителе гранулированные ВВ загружаются в универсальные контейнеры, которые размещаются в вагоне-гондоле на одной из торцевых сторон. При подобном размещении контейнеров в вагоне коэффициент использования его грузоподъемности возрастает до 0,8.

Вагоны 1, загруженные контейнерами 2, транспортируются на базисные склады предприятий-потребителей, где с помощью подъемного крана 3 устанавливаются на площадку для хранения в рабочем положении (см. рис. 111). После выгрузки ВВ из вагонов в них снова загружаются порожние контейнеры из имеющегося обменного фонда.

По мере потребности ВВ на карьерах контейнеры подъемным краном устанавливаются на шасси зарядной машины 4 типа МЗ-8 или МЗ-12, выполняющей доставку ВВ и механизированное зарядание скважин. Грузоподъемность контейнеров принята 7 и 10 т соответственно грузоподъемности зарядных машин типа МЗ-8 и МЗ-12.

По окончании зарядания на карьерах зарядные машины возвращаются на склад, где краном порожний контейнер снимается с зарядной машины и устанавливается на площадке хранения или непосредственно в вагон. Грузенные порожними контейнерами вагоны отправляются на завод-изготовитель и цикл повторяется.

Проектом предусматривается также и длительное хранение ВВ в контейнерах. Для предотвращения слеживания аммиачно-селитренных ВВ необходимо периодически их рыхлить. Рыхление и перемеши-

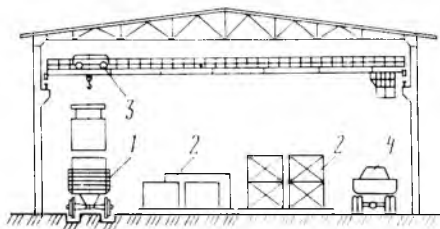


Рис. 111. Схема механизации с применением универсальных контейнеров с управляемыми диафрагмами

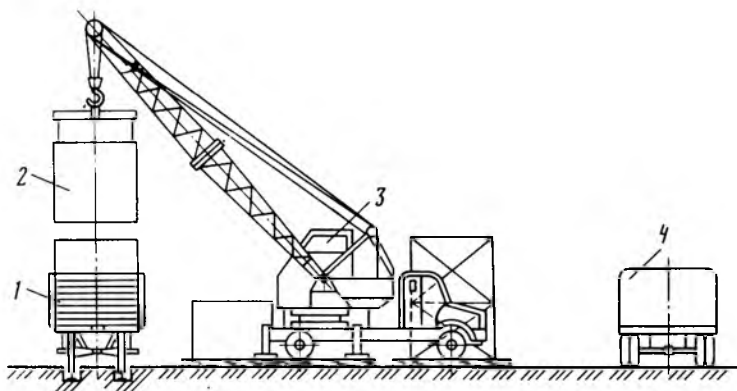


Рис. 112. Схема выгрузки контейнера для доставки, хранения и зарядки ВВ:
 1 — железнодорожный вагон; 2 — контейнер; 3 — автокран; 4 — зарядная машина

вание ВВ в контейнере осуществляется пневмодиафрагмой и силовым направляющим полком сжатого воздуха, подаваемого в полость между пневмодиафрагмой и стенками контейнера. Рыхление и перемешивание повторяется через каждые 7–10 дней.

При необходимости контейнеры с ВВ могут подаваться в вагонах непосредственно на карьер, что сокращает время доставки ВВ и повышает эффективность зарядных машин (рис. 112).

Контейнер представляет собой емкость прямоугольной формы, выполненную из нержавеющей стали. В верхней части имеется загрузочный люк, а в нижней — проем с шиберной заслонкой для стыковки с дозирующим устройством на зарядной машине, на которой контейнер устанавливается и фиксируется штыковым фиксатором.

В основании контейнера имеются механизмы для закрепления на зарядной машине. Внутри бункера установлена силовая пневмодиафрагма с силовым направляющим полком, с помощью которой выполняется рыхление, интенсивная выгрузка ВВ при зарядании скважин на карьерах.

Для нормальной работы применительно к условиям карьеров Кривбасса достаточно иметь обменный фонд около 900 контейнеров.

Применение технологической схемы этого варианта позволяет сократить капитальные затраты на хранилища ВВ, ликвидировать расходы на расфасовку, растаривание ВВ и мешкотару.

§ 120. Схемы комплексной механизации при применении водосодержащих взрывчатых веществ

В условиях горных предприятий с различной степенью обводненности наиболее эффективно применение ВВ, водонаполнение которых выполняется на местах применения. Схемы комплексной механизации

ции зависят от метода водонаполнения. В связи с этим рассмотрим классификацию ВВ, предложенную проф. Г.П. Демидюком.

I. Водосодержащие ВВ, поставляемые на горные предприятия в готовом для зарядания виде в целлофановой упаковке.

II. Водосовместимые ВВ, поставляемые заводами в сухом виде и совмещаемые с водой при зарядании (акватол 65/35, алюминизированный акватол М-15).

III. Гранулолот, алюмотол и т.п. в высококонцентрированном водном растворе селитры, предложенные проф. А.Н. Ханукаевым и названные горячельюющимися водосодержащими ВВ.

IV. Растворосодержащие ВВ — ифзанит, в котором сухая фаза содержит аммиачную селитру и сенсibiliзатор, а количество наполняющего насыщенного раствора аммиачной селитры принято близким к объему междугранульных пустот сухой фазы.

Исходя из этой классификации рассмотрим применяемые в промышленности схемы комплексной механизации работ при использовании водонаполненных ВВ.

ВВ группы I трудно поддаются механизированному заряданию и их применение ограничено.

ВВ группы II поступают на предприятия в сухом виде в мешкотаре. Для водосовмещения сухих акватольных смесей заводского изготовления непосредственно перед заряданием в Гипроникеле создана смесительно-зарядная машина "Акватол".

На предприятие ВВ доставляется в вагонах, у вагона формируются пакеты мешков на поддонах и транспортируются электропогрузчиком на склад для хранения. С помощью погрузчика ВВ грузится в автомашины. В карьере ВВ вручную загружается в смесительно-зарядную машину "Акватол" (рис. 113, а), в которой имеются бак с водой, электронагреватели, смеситель, загрузочный ковш и насос для принудительной подачи в скважину готовой смеси.

Недостатком упомянутой схемы являются две немеханизированные перекидки ВВ при формировании пакетов и при разгрузке ВВ в машину "Акватол". Кроме того необходимость нагрева и перемешивания с водой в течение нескольких часов, а также ряд конструктивных недостатков этой машины резко ограничивают возможность использования водосовместимых ВВ.

Горячельюющиеся водосодержащие ВВ для зарядания скважин при готовке горячего раствора аммиачной селитры в стационарной установке (рис. 113, б) применяются на предприятиях различных отраслей.

Схема комплексной механизации приготовления ифзанитов показана на рис. 114. Для приготовления ифзанитов на Соколовско-Сарбайском комбинате разработан и изготовлен комплекс машин для растирания аммиачной селитры, приготовления и зарядания скважин водосодержащими ВВ.

ВВ поступает на предприятия в вагонах 1. У вагонов формируются пакеты растаривания 2, которые погрузчиками 3 доставляются в

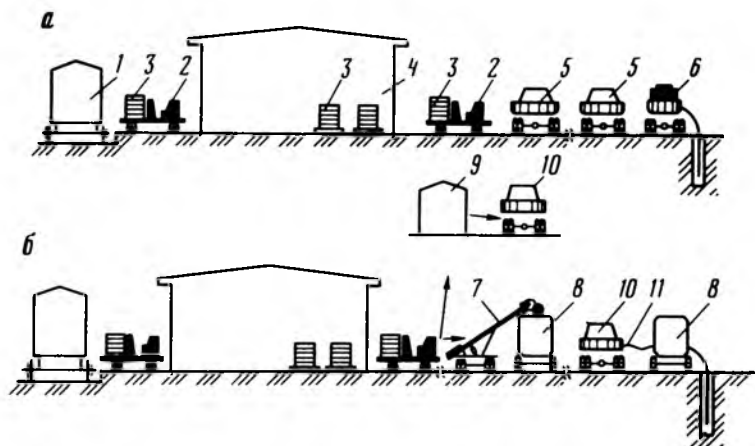


Рис. 113. Схемы комплексной механизации с использованием смесительно-зарядной машины "Акватол" (а) и стационарной установки для приготовления горячего раствора селитры (б) :

1 — вагон; 2 — электропогрузчик; 3 — пакет мешков с ВВ на поддонах; 4 — хранилище ВВ; 5 — машина для доставки ВВ на карьер; 6 — смесительно-зарядная машина "Акватол"; 7 — передвижной растариватель; 8 — смесительно-зарядная машина с емкостями для различных ВВ; 9 — стационарная установка для приготовления раствора селитры; 10 — машина для доставки горячего раствора аммиачной селитры на карьер; 11 — шланг для подачи горячего раствора в смесительную установку

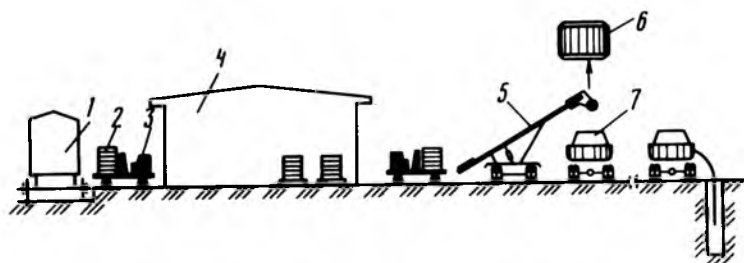


Рис. 114. Схема комплексной механизации при работе с ифзанитом

хранилище 4. Далее ВВ и аммиачная селитра с помощью электропогрузчика доставляются к растаривателю 5. После растаривания ВВ попадает в зарядную машину 7. Раствор аммиачной селитры готовится на нагревательно-смесительной установке 6 типа НСУ-1. Бак и емкости зарядной машины МЗ-ЗВ заполняются раствором аммиачной селитры, сухой селитрой и граммонитом и машина направляется в карьер. У скважины выполняются перемешивание компонентов и

заряжание. Наличие двух бункеров и бака с жидким раствором аммиачной селитры позволяет составить ВВ различной мощности.

Машина МЗ-3В выполняет заряжание только сухих скважин. Ведутся разработки для подачи ифзанитов по зарядному рукаву под столб воды в скважине.

По схеме комплексной механизации для приготовления водосодержащих ВВ с помощью перегретого пара у устья скважины ВВ поступает в вагонах и хранится на складе до заряжания. По мере необходимости ВВ растаривается, загружается в зарядную машину и доставляется на карьер. На заряжаемом блоке размещается установка с водой и парообразователем. Насыщенный пар в требуемом объеме подается в лоток зарядной машины, где образуется жидкое ВВ, после чего оно подается в скважину.

§ 121. Анализ технико-экономических показателей схем комплексной механизации взрывных работ на карьерах

Рассмотренные выше схемы комплексной механизации взрывных работ с применением игданита, гранулированных и водосодержащих ВВ показывают, что представляется возможным обосновать выбор оптимального варианта, однако при этом следует исходить из следующих позиций.

Схемы механизации следует выбирать с учетом конкретных условий. Водосодержащие ВВ и игданиты применяются в сравнительно небольших объемах и требуется дальнейшее их совершенствование. Наиболее широко применяются гранулированные ВВ, поэтому в первую очередь проведем анализ эффективности схем комплексной механизации взрывных работ с использованием этих ВВ.

За исходную примем схему, когда ВВ поступает в вагонах МПС, мешки выгружаются на поддоны, погрузчиком доставляются к растаривателю, растариваются и зарядными машинами с пневматическими диафрагмами выполняется заряжание. Могут быть применены передвижные и постоянно растаривающие пункты.

При этой схеме организация транспортирования и хранения ВВ предусматривает его двукратный учет — на базисных и расходных складах. Вначале ВВ поступает на базисный склад, хранится там определенный срок, а затем автотранспортом доставляется на расходный склад или транзитом в карьер. К месту ведения взрывных работ ВВ по мере необходимости доставляется зарядными машинами грузоподъемностью 4–10 т на расстояние 20–30 км. Доля ручного труда по переработке 1 т ВВ с применением комплекса машин на погрузочно-разгрузочных работах составляет 45–55 %.

Для сравнения рассмотрим четыре варианта схем комплексной механизации взрывных работ.

Вариант I. Вагоны МПС с мешками ВВ поступают на базисный склад. Благодаря имеющемуся обменному фонду предприятия порож-

278

ние вагоны возвращаются МПС. Оставшееся ВВ хранится непосредственно в вагонах, т.е. вагоны используются в качестве хранилища базисного склада. При необходимости вагоны подаются непосредственно на площадку вблизи карьера, где производится механизированное растаривание мешков ВВ и погрузка в зарядные машины.

Вариант II. Вагоны с ВВ устанавливаются у передвижной или стационарной растаривающей установки. ВВ в мешкотаре из вагонов подается на конвейер погрузочно-растаривающей установки МПР-30, по которому транспортируется и загружается в одну из секций хранилища с пневмодиафрагмами. Далее ВВ из секции хранилища через дозаторное устройство загружается в зарядные машины МЗ-8 или МЗ-12, с помощью которых доставляется в карьер.

Вариант III. В качестве транспортирующей емкости используются секционные вагоны-цистерны с силовыми диафрагмами, загружаемые на заводах-изготовителях насыпным взрывчатым веществом. На базисных складах ВВ хранится в вагонах-цистернах. В дальнейшем из базисного склада ВВ поступает на расходный склад или на специально оборудованную площадку вблизи карьера, где происходит его механизированная перегрузка в зарядные машины. Для предотвращения слеживаемости ВВ в вагонах-цистернах имеются силовые диафрагмы, которые в заданные периоды времени приводятся в действие сжатым воздухом, чем достигается рыхление и перемешивание ВВ в каждой секции вагона-цистерны.

Вариант IV. На заводах-изготовителях ВВ загружается в специальные контейнеры с пневмодиафрагмами для доставки на базисные склады, затем краном выгружаются на площадку для хранения. По мере потребности контейнеры устанавливаются на шасси зарядных машин и доставляются к месту зарядания.

Важнейшей предпосылкой правильной оценки эффективности предлагаемых вариантов технологических схем является идентичность производственных условий их применения. В частности, при сравнении необходимо обеспечить тождественность уровней организации производства и труда, тарифов на ВМ и параметров взрывных работ, используемых в расчетах. Поэтому приведенные в табл. 51 показатели вариантов I—IV рассчитаны применительно к условиям Кривбасса для предприятия с годовым расходом 100 тыс. т ВВ.

Каждый из рассматриваемых вариантов имеет свои достоинства.

При осуществлении комплексной механизации взрывных работ ставятся задачи, которые можно свести в следующие группы.

1. Обеспечение безопасности работ, высокого уровня организации учета и хранения ВВ.

2. Сохранение возможности совершенствования взрывных работ в перспективе, например, с применением горячелюющих водосодержащих ВВ. Исходя из целесообразности изготовления ВВ, в основном на местах работ, требованиям перспективы наиболее полно отвечают варианты III и IV схемы комплексной механизации.

Таблица 51

Технико-экономические показатели схем комплексной механизации взрывных работ

Показатели	Сущест- вующая схема механи- зации	Предлагаемые технологические схемы (варианты)			
		I	II	III	IV
Место хранения ВВ	Храни- лище	Вагон МПС	Вагон МПС (пром- склад)	Цистер- ны	Контей- нер
Число емкостей для хра- нения ВВ	23	130	130	130	800
Стоимость единицы, тыс.руб.	109	7,3	7,3	30	4,5
Растаривающая установка:					
тип	УРВ-2	МПР-30	МПР-30	—	—
число	2	4	4	—	—
Число зарядных машин МЗ-8	20	16	20	26	16
Средневзвешенная длина доставки, км	21,8	6,5	21,8	6,5	21,8
Число затраченных машино- смен	5450	2860	5450	2860	3850
Себестоимость заряжения 1 т ВВ, руб.	7,35	3,9	4,17	4,17	6,67
В том числе:					
зарплата	2,92	2,27	2,38	1,92	1,96
топливо	0,68	0,25	0,25	0,25	0,6
амортизация	3,8	1,1	1,26	2,32	4,11
Удельные капитальные зат- раты, руб/т	50,9	13,8	16,5	42,3	37,9
Экономия нам мешкотаре, руб/тыс. т	—	—	—	1000	1000
Годовой экономический эффект, тыс. руб.	—	890	800	1380	1260

3. Выполнение работ по этапам: растаривание на передвижной установке, хранение растаренного ВВ и механизированная подача ВВ на забой скважины. После отработки этих этапов можно перейти к внедрению III и IV вариантов схем, наиболее перспективных и высокопроизводительных.

4. Гарантийность работы всех звеньев цепи, особенно зарядной машины.

5. Необходимость учета затрат на капитальное строительство и создание механизмов. С точки зрения эффективности их применения наиболее приемлема схема, при которой используются действующие склады с пунктами растаривания и смесительно-зарядные машины со шлакоизвлекателем, например Акватол-1.

6. Резкое повышение производительности труда и культуры производства.

7. Использование для изготовления ВВ невзрывчатых недефицитных компонентов, безопасных в обращении, нетоксичных и пригодных для заряжания обводненных скважин в различных горно-геологических условиях.

8. Применение для сравнительной экономической оценки системы показателей, основными из которых являются: производительность труда рабочих, себестоимость переработки 1 т ВВ и затраты на внедрение новой техники.

Как видно из табл. 51 и указанных выше условий, наиболее эффективным является вариант I технологической схемы. Замена стационарных хранилищ вагонами МПС позволяет в 3,7 раза уменьшить капитальные затраты на строительство базисных складов. При строительстве новых складов достаточно построить подъездные пути, сделать обваловку и иметь передвижную растаривающую установку, обеспечивающую соблюдение санитарных норм по пыли непосредственно вблизи карьера. Тогда протяженность пути по доставке ВВ сократится в 3—3,5 раза, чем достигается повышение эффективности механизированного заряжания ВВ в скважины. Организация нормального снабжения предприятия потребителя ВВ с коэффициентом обмена вагонов, равным 20—24, позволит сократить обменный фонд предприятия до 70 вагонов и даст возможность снизить себестоимость переработки 1 т ВВ в 2 раза, уменьшить капитальные затраты и сэкономить 890 тыс. руб. в год. Все звенья механизации (зарядная машина, погрузочно-растаривающая установка) прошли промышленные испытания и допущены к применению.

Однако непосредственный контакт обслуживающего персонала с ВВ и наличие мест пылеобразования в значительной степени ухудшают условия труда.

Вариант II отличается от варианта I наличием промежуточного расходного склада, на строительство и обслуживание которого требуются дополнительные затраты. Поэтому экономические показатели варианта II несколько хуже показателей варианта I, но все же остаются достаточно высокими, чтобы рекомендовать его как один из перспективных.

Варианты III и IV имеют то достоинство, что при их применении обеспечивается полная механизация всех работ по хранению, доставке и заряданию ВВ без соприкосновения с рабочим. Практически полностью исключен тяжелый ручной труд. Производительность труда при использовании этих вариантов организации работ увеличилась более чем в 4 раза. Однако применение дорогостоящих вагонов-цистерн и контейнеров, изготовленных из нержавеющей стали, требует значительных капитальных затрат. Рост амортизации влечет за собой увеличение себестоимости заряжания 1 т ВВ. Отрицательно сказываются и "холостые" пробеги железнодорожных составов.

Несмотря на указанные недостатки, эти варианты остаются наиболее

перспективными, так как отказ от использования мешкотары дает экономический эффект более 1 млн. руб. в год.

Таким образом, рассмотренные схемы механизации в значительной мере улучшают организацию взрывных работ. Анализ технико-экономических показателей позволяет сделать вывод, что их внедрение на крупных бассейнах позволит обеспечить повышение производительности труда не менее чем в 3–4 раза и снижение себестоимости заряжания 1 т ВВ почти в 2 раза.

Глава XVIII

МЕХАНИЗАЦИЯ РАБОТ НА СКЛАДАХ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ

§ 122. Расположение механизированных хранилищ на территории поверхностных складов взрывчатых веществ

Эффективность работы погрузочно-разгрузочных и растаривающих установок на поверхностных складах ВМ зависит от расположения хранилищ на местности. Перед выбором территории под склад ВМ необходимо предварительно выбрать оптимальную схему планировки хранилищ, подъездных путей и площадки для размещения постоянных и передвижных растаривающих установок. Хранилища, подсобные помещения, подъездные пути, а также растаривающие установки могут располагаться в различной последовательности. Однако во всех случаях работа на них должна соответствовать правилам безопасности.

Хранилища должны быть размещены таким образом, чтобы к ним можно было подвести железнодорожные пути и автодороги.

Наиболее широко применяются два типа поверхностных складов: с фланговым расположением железнодорожных путей относительно хранилищ; с расположением железнодорожных путей вдоль нескольких хранилищ.

При фланговом расположении от железнодорожных путей отведены отдельные ветви к каждому хранилищу. Хранилища располагаются в два ряда. В средней части территории между рядами хранилищ прокладывается автодорога с ответвлениями к каждому хранилищу. По каждую сторону от дороги вблизи хранилищ располагаются искусственные водоемы с пожарными сараями. За пределами опасной зоны размещаются тара, площадка для растаривания ВВ и другие подсобные помещения.

Если хранилища расположены в три ряда, к каждому из них подводится железнодорожный путь. При таком расположении хранилищ автодорогу подводят с противоположной стороны от железной дороги, чтобы обеспечить независимые подъезды для обоих видов транспорта. Хранилища в этом случае должны иметь противоположные двери

и рампы, обеспечивающие одновременность работы железнодорожного и автомобильного транспорта.

Расположение железнодорожных путей на поверхностных складах ВМ должно удовлетворять требованиям Правил технической эксплуатации железнодорожных дорог СССР, Единым правилам безопасности и обеспечивать условия полной механизации погрузочно-разгрузочных работ и работ по растариванию и механизированной погрузке ВМ в зарядные машины.

Планировка поверхностных складов ВМ может быть и другой в зависимости от емкости склада, рельефа местности, наличия или отсутствия железнодорожных путей и других условий. Однако во всех случаях они должны соответствовать требованиям правил безопасности и максимальной механизации всех видов работ.

К хранилищам, площадке по растариванию ВВ, подсобным зданиям и сооружениям должны быть подведены автодороги с асфальтовым покрытием. Ширина дороги не менее 3,5 м. Для улучшения маневровых операций возле каждого хранилища на всю его длину со стороны подъезда автомашин следует устраивать площадки шириной 10—15 м для выполнения маневров автомобилей. В районе растаривающего комплекса размещается подъездной путь для выгрузки ВВ, загрузки зарядных машин и машин для пустой тары.

На большинстве действующих складов ВВ принята схема с выгрузкой мешков ВВ на поддоны, с их доставкой на место хранения. ВВ хранится на поддонах и по мере необходимости электропогрузчиком доставляется на автомашины или к месту растаривания. Механизация работ на складах ВМ сводится к загрузке поддонов и рациональной работе электропогрузчиков или электрокаров.

§ 123. Применение поддонов на складах для размещения взрывчатых веществ

Взрывчатые вещества на предприятия обычно поступают в мешках и в ящиках. Для повышения производительности погрузочно-разгрузочных работ широко применяют поддоны, изготавливаемые из материалов, не дающих искры. Поддоны могут быть двух- и четырехзаходные (рис. 115). Более удобны в эксплуатации четырехзаходные поддоны. При работе с ними вилки электропогрузчика могут вводиться с любой стороны. Это способствует увеличению производительности погрузчиков. Однако четырехзаходные поддоны не имеют требуемой прочности и сложны в изготовлении.

В двухзаходных деревянных поддонах вилки электропогрузчика могут быть введены только с двух противоположных сторон, но они прочнее и проще в изготовлении.

Размеры поддонов для складов ВМ должны определяться величиной площадки пола вагона, зазорами между мешками или ящиками

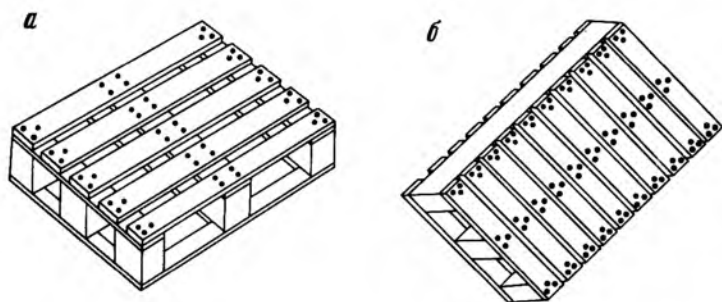


Рис. 115. Четырёх- (а) и двухзаходные (б) деревянные поддоны

с ВВ, между поддонами и стенками вагонов, а также шириной дверных проемов и прохода между штабелями в хранилище.

Для поверхностных складов поддоны следует изготавливать размерами 800х1200 мм с высотой зазора*для ввода вилок между настилами не менее 80 мм. Деревянные поддоны следует изготавливать из хорошей древесины любой породы с минимальным количеством сучков и трещин не более 20 %. При устройстве поддонов для повышения их прочности необходимо применять витые гвозди и болты, головки которых должны быть утоплены в древесину не менее чем на 5 мм. Затраты на изготовление одного двухзаходного поддона составляют около 10 руб.

Отраслевой лабораторией КазПТИ разработан ряд приспособлений для перевозки ВВ. Строп-контейнер применяется для пакетной грузопереработки патронированных и гранулированных ВВ в бумажной, картонной, деревянной и комбинированной таре всех типоразмеров. Пакеты формируются на поддоне, в соответствии с разработанными способами формирования стягиваются стропами. Все операции с пакетами осуществляются электропогрузчиком или тельфером со специальным захватом. В хранилище пакеты хранятся в два яруса по высоте. Строп-контейнер СВВ состоит из поддона 1, зажимных ремней 2 и приспособлений для зажима 3 (рис. 116, а).

Техническая характеристика строп-контейнера СВВ

Грузоподъемность, т	1,0
Основные размеры поддона, мм	1500х1000х160
Допустимая высота пакета с поддоном, мм	1300
Длина строп, мм	2800
Тип стяжного устройства.	Рычажный
Усилие стягивания строп, кН	3
Усилие на рукояти, кН	0,4

Общий вид строп-контейнера СК-1 показан на рис. 116, б

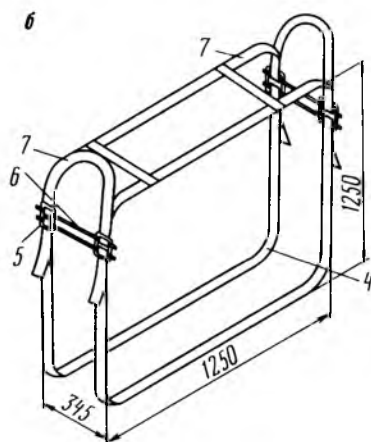
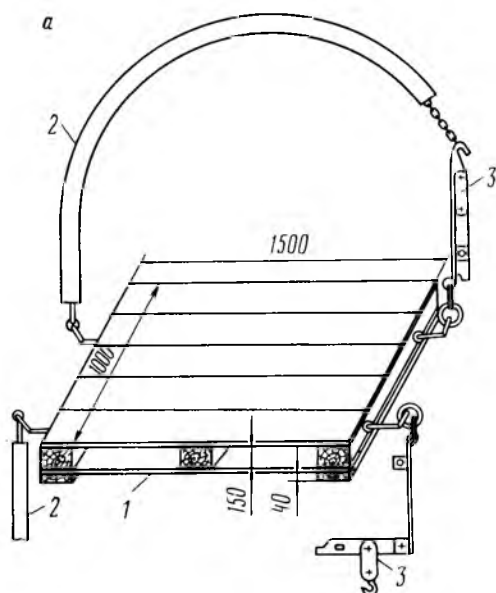


Рис. 116. Строп-контейнеры СВВ (а)
и СК-1 (б)

Техническая характеристика строп-контейнера СК-1

Грузоподъемность, т	0,9
Основные размеры пакетов, мм	1200×800
Масса пакета, кг	3,5
Запас прочности	5-кратный
Использование	До 50 раз
Срок службы	Не менее 3 лет

При подъеме пакета петли замыкающей ленты 7 перемещаются в пряхках, состоящих из рамки 6 и подвижных зажимов 5. Благодаря этому пакет плотно обтягивается и зажимается несущей лентой 4 (см. рис. 116, б).

Техническая характеристика поддона 2П-2

Масса поддона, кг	20—25
Основные размеры, мм	800×1200×150
Допустимая нагрузка, кН:	
статическая	40
динамическая	10

Наиболее дешевы и долговечны штампованные поддоны из пластмассы, а также из прессованной бумаги, пропитанной пластмассой.

Ящики с ВВ на поддоны следует укладывать в два ряда по две стопки в каждом ряду, расположенных длинной стороной вдоль поддонов.

При укладке мешков с ВВ на поддоны их нужно перевязывать так, чтобы мешки верхнего ряда были повернуты по отношению к нижним на 90°. Такой способ укладки мешков на поддоны достаточно надежен и прост в исполнении.

При укладке ящиков и мешков на поддоны высота их вместе с поддоном не должна превышать высоту дверного проема, чтобы не ограничивать видимость для водителя электропогрузчика.

Применение поддонов позволяет перевозить электропогрузчиком одновременно 10—15 мешков, что значительно сокращает время погрузочно-разгрузочных работ, увеличивает грузооборот склада и повышает производительность труда рабочих.

Возможно также транспортирование ВВ в контейнерах, предназначенных для сыпучих и штучных материалов. В специальных контейнерах, изготовленных из дерева, пластмассы или из металлов, не дающих искры, можно транспортировать ВВ первой группы.

ЦНИИ МПС и другие организации разработали ряд малогабаритных контейнеров грузоподъемностью 0,75 т, предназначенных для перевозки грузов в крытых вагонах. Малогабаритный контейнер конструкции ЦНИИ МПС изготовлен из древесины и алюминиевых сплавов. Его корпус состоит из штампованных частей толщиной 6 мм, соединенных между собой с помощью алюминиевых поясов. Контейнер снабжен ножками для создания зазора, необходимого при работе погрузочных машин, а также строповочным приспособлением. В контейнерах имеется двухстворчатая дверь с надежными запорами. Размеры контейнера 1250×1100×1065 мм, масса 97 кг, грузоподъемность 653 кг (нетто). В них можно перевозить ВВ только в патронированном виде.

Для перевозки ВВ может быть использован малогабаритный складывающийся алюминиевый контейнер, состоящий из четырех подвижных штампованных секций. Размеры секций рассчитаны таким образом, чтобы каждая вышележащая секция могла свободно входить в ниж-

ную. В сложенном виде объем контейнера в 3 раза меньше чем в рабочем положении. Между каждой секцией имеются уплотнители из губчатой резины. Масса контейнера 86 кг, грузоподъемность 664 кг. В них можно перевозить ВВ как в патронированном, так и в насыпном виде.

Насыпные ВВ можно перевозить и хранить в эластичных контейнерах, изготовленных из неопрена, полиэтилена, нейлоновых тканей и других синтетических материалов. Для удобства погрузочно-разгрузочных работ контейнер снабжен прочными кольцами, прикрепленными к прочному тяговому поясу. Эластичные контейнеры легки, без ВВ их можно складывать в пакеты.

Контейнерный способ доставки ВВ позволяет полностью механизировать погрузочно-разгрузочные работы на всем пути их следования.

§ 124. Типовые склады взрывчатых веществ

Склады ВВ должны обеспечить безопасность и возможность полной механизации погрузочно-разгрузочных работ.

Типовое хранилище ВВ, состоящее из отдельных секций 1 вместимостью по 60 т, площадью 316 м² показано на рис. 117. Четыре таких секции соединяются и составляют хранилище вместимостью 240 т, площадью 1264 м². Коэффициент использования площади в хранилищах ВВ составляет 0,3. Для механизации работ на таких складах можно использовать напольное подъемно-транспортное оборудование. ВВ на поддонах 2 складываются в секциях склада.

На базисных складах комбината Ураласбест для механизации погрузочно-разгрузочных работ используются аккумуляторные погрузчики ЭПВ-1 во взрывобезопасном исполнении в сочетании с двухзаходными поддонами. Применение поддонов позволяет одновременно перевозить 25 мешков или ящиков с ВВ. Поддоны в хранилищах размещаются в один ряд. Расстояние между штабелями ВВ, уложенными на поддоны, составляет 1450 мм. Такие типы складов ВВ используются на многих предприятиях.

Наиболее полное использование площади хранилищ и эффективная механизация работ со штучными грузами, контейнерами и грузами на поддонах обеспечивается при применении кранов-штабелеров.

В Уралгипроруде разработан склад секций 1, где в штабелях 3 размещается ВВ. Для перемещения груза используется мостовой однобалочный кран 2 облегченного типа, грузоподъемностью 3—5 т с пролетом около 11 м во взрывобезопасном исполнении (рис. 118). Управление краном осуществляется с пола. Краны, оборудованные устройствами телескопического типа, позволяют формировать штабеля высотой до 2,5 м. С помощью крана-штабелера выполняются все подъемно-транспортные работы внутри хранилища. В комплексе с ним внутри хранилища могут работать электропогрузчики во взрывозащищенном

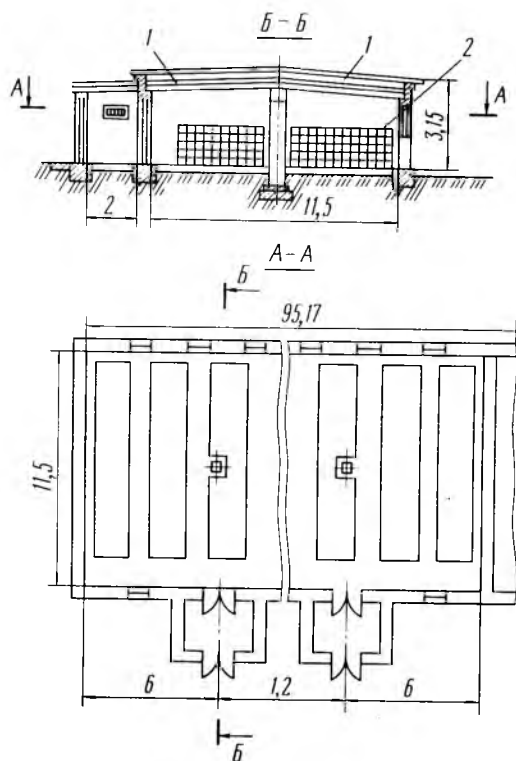


Рис. 117. Типовой немеханизированный склад ВВ (размеры в м)

исполнении. Применение таких типов складов ВВ позволяет повысить коэффициент использования площадей до 0,5.

На отдельных предприятиях построены и действуют базисные склады ВМ, на которых все технологические процессы комплексно механизированы. На таких базисных складах предусматривается выполнение операций по растариванию мешков, по транспортированию ВВ в бункера хранилища и хранению в них ВВ с последующей разгрузкой в транспортные сосуды для доставки к месту потребления. Схема комплекса базисного склада ВМ показана на рис. 119.

Железнодорожный вагон с мешками подается на разгрузочную площадку, на которой находится также механический растариватель-погрузчик РПП-1, во время работы соединенный трубопроводом с автосамосвалом, оборудованным двумя бункерами, или непосредственно с хранилищем.

При загрузке самосвалов из хранилища используется гибкий трубопровод, находящийся в хранилищах. Здесь же на раме установлены бункера. Вместимость каждого из них составляет 4 т и равна вместимости

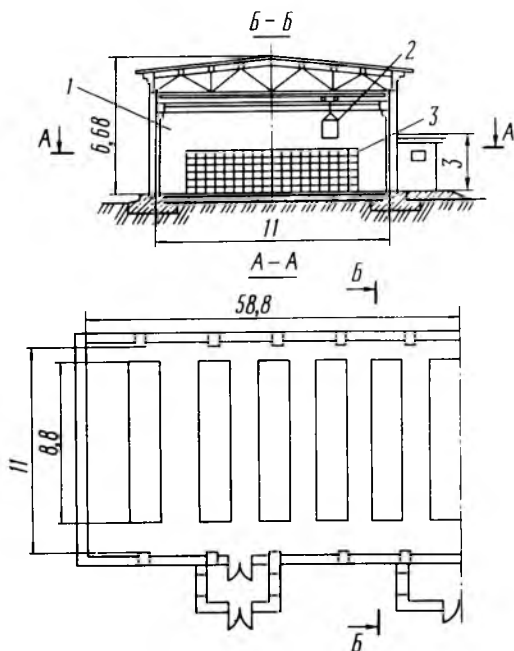


Рис. 118. Механизированный склад ВВ с кран-балкой (размеры в м)

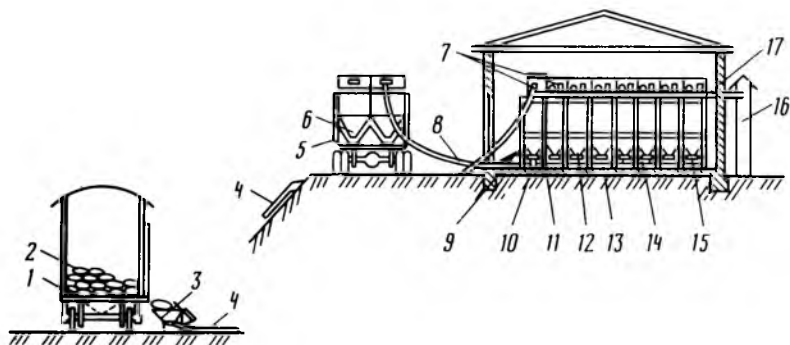


Рис. 119. Механизированный базисный склад ВВ:

1 — железнодорожный вагон; 2 — мешки ВВ; 3 — растариватель-погрузчик; 4 — транспортные трубопроводы ВВ; 5 — транспортно-зарядная машина; 6 — бункер; 7 — краны; 8 — погрузочный шланг; 9 — заземление; 10 — весы; 11 — рама для установки бункера; 12 — бункер-хранилище ВВ; 13 — самоходные тележки; 14 — пневмодозатор МПД-2; 15 — шибер; 16 — батарея фильтров; 17 — рукавный фильтр

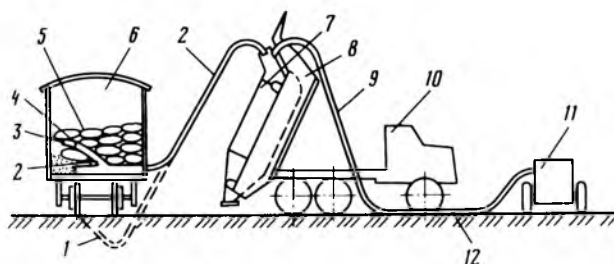


Рис. 120. Схема вакуумного способа растаривания и погрузки ВВ:

1 — бункер; 2 — шланги для вакуумирования; 3 — сопло; 4 — кран; 5 — мешки с ВВ; 6 — железнодорожный вагон; 7 — бункер зарядной машины; 8 — осадительная сетка; 9 — шланг, соединяющий вакуум-насос; 10 — автосамосвал; 11 — вакуум-насос; 12 — трубопровод с фильтром

автосамосвала. Бункера снабжены рукавными фильтрами и герметизируются шиберами. Для учета количества ВВ в бункерах применяют гидравлические весы. Верхняя часть бункеров герметизируется кранами. Для выгрузки ВВ из железнодорожных вагонов используют вакуумный растариватель, состоящий из сопла, крана управления, вакуумных трубопроводов, связанных с бункером автосамосвала (рис. 120). Для создания разрежения в бункере автосамосвала используют вакуум-насосы. Трубопровод, идущий к вакуум-насосу, снабжен фильтром, который перед разгрузкой железнодорожного вагона осматривается и очищается встряхиванием в ящике. Разгрузка железнодорожных вагонов выполняется по двум схемам.

Первая схема предусматривает вакуумное растаривание, погрузку в автотранспорт для доставки гранулированных ВВ в хранилище. В железнодорожный вагон доставляют вакуумные шланги с соплом вакуумного растаривателя, которым прокалывают мешки с гранулированным ВВ. Через сопла по трубопроводу ВВ поступает в бункера автосамосвала, где происходит его отделение от воздуха. Отработанный воздух через вакуумный трубопровод отсасывается из бункера вакуум-насосом. После загрузки бункеров вакуумные трубопроводы отсоединяются, кузов автосамосвала опускается и ВВ транспортируется в хранилище.

Разгрузка ВВ из автосамосвала в бункера хранилища выполняется с помощью съемного пневмодозатора МПД-2. Пневмодозатор устанавливают под бункером, открывают шибер и ВВ подают по трубопроводу из автосамосвала в бункер хранилища, где ВВ оседает, а отработанный воздух через рукавный фильтр уходит в атмосферу.

Вторая схема предусматривает механическое растаривание и пневмотранспорт ВВ в хранилища. Мешки с ВВ подаются вручную или конвейером в лоток растаривателя-пнеumoпогрузчика. В приемном лотке эти мешки удерживаются направляющими. С помощью пневмоцилинд-

ра двухперая вилка с шипами по габаритной сетке подводится под крайний мешок и с помощью тягового пневмоцилиндра поднимается вверх. При этом шипы вилки прокалывают мешок и торцы его приподнимаются. Затем посредством тягового пневмоцилиндра мешок протягивается над неподвижным ножом и разрезается. ВВ из разрезанного мешка поступает через сетку в непрерывно работающий пневмодозатор. Для полного высыпания материала вилка колеблется в вертикальной плоскости. Порожние мешки сбрасываются с вилки при ее резком повороте до упора. Затем вилка опускается на сетку, и цикл повторяется. При небольшом количестве слежавшегося материала дробление и просеивание его выполняется возвратно-поступательными движениями вилки по плоскости габаритной сетки.

Растариватель во время работы может находиться у дверей железнодорожного вагона или в самом вагоне, что сокращает расстояние подноски мешков с ВВ. Пневматическая погрузка гранулированных ВВ может производиться в стационарные емкости, которые располагаются от вагона на расстоянии до 400 м, или в бункера транспортно-зарядных машин.

Хранение гранулированных ВВ в бункерах производится при закрытых шибах и перекрытых кранах, т.е. в условиях полной герметизации. Срок хранения гранулитов — 45 дней, граммонитов и акватолов — 90 дней. Для предохранения от слеживания, в случае необходимости, ВВ перекачиваются в резервные порожние бункера, которые затем должны быть загерметизированы.

Для доставки ВВ из базисного склада к месту ведения взрывных работ перегрузка из бункера хранилища в бункер автосамосвала выполняется с помощью пневмодозатора, установленного на самоходной тележке, оборудованной пневмодвигателем. Тележка с пневмодозатором подводится под течку разгружаемого бункера. Затем в отверстие шиберов паз пневмодозатора устанавливается фиксатор. Перемещаясь, пневмодозатор открывает шибер. Бункер автосамосвала и пневмодозатор соединяются гибким трубопроводом. После включения сжатого воздуха ВВ транспортируется в бункер автосамосвала. Для сокращения времени погрузки одновременно могут работать два пневмодозатора. После загрузки бункеров автосамосвала кузов опускается и ВВ транспортируется на карьер.

§ 125. Механизмы для работ на складах взрывчатых веществ

Для погрузочно-разгрузочных работ в вагонах и внутрискладских помещениях отечественная промышленность выпускает механические погрузчики.

Аккумуляторный погрузчик 4004 грузоподъемностью 0,75 т выпускается серийно. Основные узлы погрузчика: корпус, передний ведущий мост, управляемый мост, грузоподъемный механизм, гидравлическая система механизма подъема и наклона телескопической рамы,

рулевое управление, тормозная система, аккумуляторная батарея, электродвигатель движения и механизмы управления.

Передняя часть корпуса жестко крепится к ведущему мосту, а задняя часть опирается на задний управляемый мост через две рессоры. У заднего моста имеется съемный металлический ящик, в котором размещается аккумуляторная батарея 26ТЖН-300В с номинальным напряжением 30 В, питающая электродвигатель движения, насос, освещение и звуковой сигнал.

На погрузчиках 4004 применяются электродвигатели постоянного тока с обмотками постоянного возбуждения: для привода ходового механизма ДК-908Б и для привода грузоподъемника ДК-907А.

Колеса погрузчика снабжены массивными резиновыми шинами, обеспечивающими легкость его передвижения по полу с ровным и твердым покрытием.

Техническая характеристика аккумуляторных погрузчиков

Тип погрузчика.	4004	ЭПВ-1
Грузоподъемность, т	0,75	1,0
Расстояние центра тяжести груза от стенки, мм	400	500
Максимальная высота подъема груза, мм	1600	1500
Скорость подъема груза, м/мин	10,0	4,25
Скорость передвижения по дорогам с твердым ровным покрытием, км/ч:		
с грузом	8,5	6,5
без груза.	10	7,5
Минимальный радиус поворота по наружному габариту, мм	1550	2100
База (расстояние между осями передних и задних колес), мм.	1000	—
Колея, мм:		
передних колес.	760	—
задних колес	695	—
Дорожный просвет, мм.	75	—
Общая масса погрузчика, оборудованного вилами, т	1,74	3,4
Основные размеры, мм:		
общая длина с вилами	2400	—
ширина.	910	—
высота при опущенных вилах	1445	2100
Максимальная высота при подъеме груза, мм	2750	2750

В передней части кузова погрузчика располагается телескопическая рама, состоящая из двух рам — неподвижной (наружной) и подвижной (внутренней). Неподвижная рама крепится шарнирно к кронштейнам корпуса над ведущими колесами. С внутренней стороны неподвижной рамы вмонтирована подвижная рама, внутри которой имеются направляющие для каретки. Перемещение каретки по направляющим внутри подвижной рамы, а внутренней рамы по направляющим наружной осуществляется с помощью специальных катков.

Каретка грузоподъемника предназначена для установки вилочного захвата или другого захватного приспособления, необходимых для выполнения погрузочно-разгрузочных работ. Подъем каретки выполняется с помощью гидравлического цилиндра и пластинчатых цепей, смонтированных на телескопической раме.

Включение и остановка погрузчика, а также переключение скоростей и перемены направления движения осуществляются с помощью контролера КВ-28А и контактов.

Из приведенной технической характеристики видно, что погрузчики 4004 достаточно маневренны, чтобы выполнять погрузочно-разгрузочные работы в вагонах и на автомобилях. С помощью электропогрузчиков 4004 можно выполнять почти полную погрузку и выгрузку ВВ из вагонов (3—7 % ВМ необходимо разгружать или догружать вручную).

Для повышения маневренности электропогрузчиков 4004 необходимо, чтобы вилки их поворачивались в горизонтальной плоскости. Для этого к грузовой каретке вилки закрепляют шарнирно с таким расчетом, чтобы они поворачивались с помощью гидроцилиндров на 30—35° от продольной оси электропогрузчика в обе стороны. Это позволяет полностью механизировать все операции, связанные с погрузкой ВМ в вагоны и выгрузки из них.

Механизация погрузочно-разгрузочных работ с помощью электропогрузчиков 4004 в значительной степени зависит от совершенствования методов погрузки и выгрузки ВВ, а также от квалификации механизаторов.

Электропогрузчики серии 612 и 614 предназначены для транспортных работ на твердом и ровном дорожном покрытии во взрывоопасных помещениях и наружных установках всех классов, в которых может оказаться взрывоопасная концентрация газов или паров с воздухом, относящихся к 1, 2 или 3-й категориям при относительной влажности окружающей среды не выше 80 % и температуре от -20° до +40 °С.

Техническая характеристика электропогрузчика

Тип электропогрузчика	612	614
Грузоподъемность, т	1,25	1,5
Высота подъема вил, мм	2750	1500
Скорость подъема вил с номинальным грузом, м/мин	5	5
Скорость передвижения электропогрузчиков с номинальным грузом, км/ч	7	7
Высота, мм:		
строительная	2100	1480
при максимально поднятых вилах	4000	2760
Дорожный просвет, мм, не менее	84	84
Напряжение аккумуляторной батареи 24ТНЖ-600-У2 В	30	30
Параметры электродвигателя движения ДКВ-908:		
мощность, кВт	2,5	2,5
частота вращения, мин ⁻¹	800	800

Параметры электродвигателя гидравлики ДКВ-907:

мощность, кВт	1,35	1,35
частота вращения, мин ⁻¹	1730	1730
Масса с аккумуляторной батареей, т.	2,85	2,8

Универсальный фронтальный автопогрузчик 4022 предназначен для механизации погрузочно-разгрузочных работ на складах, грузовых дворах, в узких проездах цехов.

Применение рассмотренного комплекса машин и механизмов на складах ВВ в сочетании с поддонами позволяет повысить производительность труда рабочих по складу в 8 раз и довести ее до 120 т/смену.

Техническая характеристика автопогрузчика 4022

Грузоподъемность, т	2,0
Радиус поворота по наружному габариту, м	2,1
Угол наклона рамы грузоподъемника, градус:	
вперед	3
назад	10
Колея передних колес (между осями сдвоенных скатов), мм	105
Колея задних колес, мм	95
Дорожный просвет (над рамой грузоподъемника), мм	108
Размеры колес, мм:	
передних	620×153
задних	536×188
Преодолеваемый уклон с грузом, градус	10
Скорость передвижения без груза (вперед и назад), км/ч:	
на первой передаче	6,5
на второй передаче	10,6
на третьей передаче	20
Скорость передвижения с грузом, км/ч	10
Масса снаряженного автопогрузчика, т	3,16
Нагрузка без груза, т:	
передняя ось	1,2
задняя ось	1,96
Нагрузка с грузом, т:	
передняя ось	4,73
задняя ось	1,96
Расход топлива на 100 км при движении без груза со скоростью 20 км/ч	32
Двигатель М-408Н:	
число цилиндров	4
расположение цилиндров	Рядное
номинальная мощность, кВт	36,8

§ 126. Тельферный комплекс для погрузки взрывчатых веществ

В состав комплекса входят: хранилище ВВ, монорельсовые пути, тали, работающие в здании хранилища и за его пределами, перегрузочная площадка с тележкой, строп-контейнеры, эстакада рамной конструкции с площадками для размещения поддона с ВВ и растаривателя, растариватель УРВ-2, вентиляционное оборудование и зарядная машина.

Установленные в автомашине порожние строп-контейнеры подаются к железнодорожному вагону с ВВ, где на них вручную укладываются мешки с ВВ. В каждый контейнер укладывается 24 мешка. Затем автомашина с ВВ в строп-контейнерах подается к хранилищу ВВ, где она устанавливается под одним из монорельсов, выходящих наружу из здания хранилища.

С помощью ручной тали, подвешенной на монорельсе, строп-контейнеры перемещаются в хранилище и укладываются на деревянные брусья, проложенные под ветвями монорельсовых путей. Расстояние между строп-контейнерами в штабеле должно быть 5–6 см. Указанные операции повторяются до полной загрузки хранилища.

Из хранилища строп-контейнеры с помощью тали по монорельсу подаются на тележку перегрузочной площадки, которую по направляющим перемещают под центральный наружный монорельс. Талью строп-контейнер перемещается и опускается на помост площадки на расстоянии 10–15 см от приемного лотка растаривателя. После освобождения петли строп-контейнера производится подача мешков с ВВ на растариватель, для чего предварительно включают вентиляционную установку и растариватель.

Глава XIX

РАСТАРИВАНИЕ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ НА ПОСТОЯННОМ РАСТАРИВАЮЩЕМ КОМПЛЕКСЕ

§ 127. Схема постоянного растаривающего комплекса

На многих предприятиях страны построены постоянные растаривающие комплексы по переработке и загрузке ВВ в зарядные машины. Постоянные растаривающие комплексы размещаются на расходных или базисных складах на безопасном расстоянии от хранилищ.

ВВ на электропогрузчиках или на автомашинах доставляется к растаривающему комплексу (рис. 121). По наклонному ленточному конвейеру 2 ВВ подается в лоток 3, с которого ВВ попадает в растаривающую установку 4 типа УРВ-2. Для удержания мешков на ленточном конвейере используется приспособление 1. Мешкотара по лотку 5 направляется в емкость для сбора пустой тары. Под растаривающей установкой находится сито, через которое ВВ просеивается и попадает в бункер-накопитель 6. Слежавшиеся комки ВВ измельчаются в щечковой дробилке до необходимой величины и поступают в бункер-накопитель, откуда через затворы происходит загрузка зарядной машины 7. Для улавливания пыли, образующейся при растаривании и дроблении ВВ, используется открытый зонт с местным отсосом и с возвратом обогретой пыли из циклона в бункер 6.

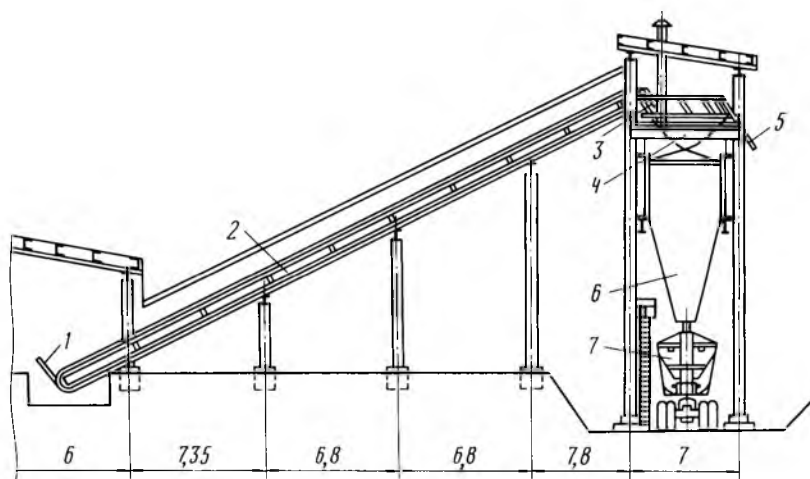


Рис. 121. Схема растаривающей установки (размеры в м)

Комплекс представляет собой наклонную галерею с ленточным конвейером, примыкающую к металлическому каркасу, на котором смонтирована мешкорастаривающая установка УРВ-2, а под ней — бункер-накопитель. Верхняя часть металлического каркаса закрыта со всех сторон листами шифера. На площадке растаривания ВВ собрана установка для улавливания пыли.

Комплекс оборудован дистанционным и местным управлением, механизмами, техническими средствами связи, молниезащитой, освещением рабочих мест. Электродвигатели на комплексе приняты во взрывоопасном исполнении, все металлические конструкции, соприкасающиеся с ВВ, выполнены из нержавеющей стали, алюминия или дюралюминия.

§ 128. Работа основного оборудования комплекса

Наклонный ленточный конвейер В-650 предназначен для транспортирования мешков с ВВ. Между рабочей и холостой ветвями смонтирован лоток для сбора просыпи ВВ с рабочей ветви конвейера. Конвейер оборудован аварийными автоматическими выключателями, а также системами местного и дистанционного управления. Предусмотрена блокировка конвейера с мешкорастаривающей установкой.

Техническая характеристика конвейера В-650

Производительность конвейера, т/ч	25
Скорость движения ленты, м/с	0,9
Ширина ленты, мм	650
Длина конвейера, м	30—35
Угол наклона конвейера, градус	14—15
Мощность электродвигателя, кВт	10

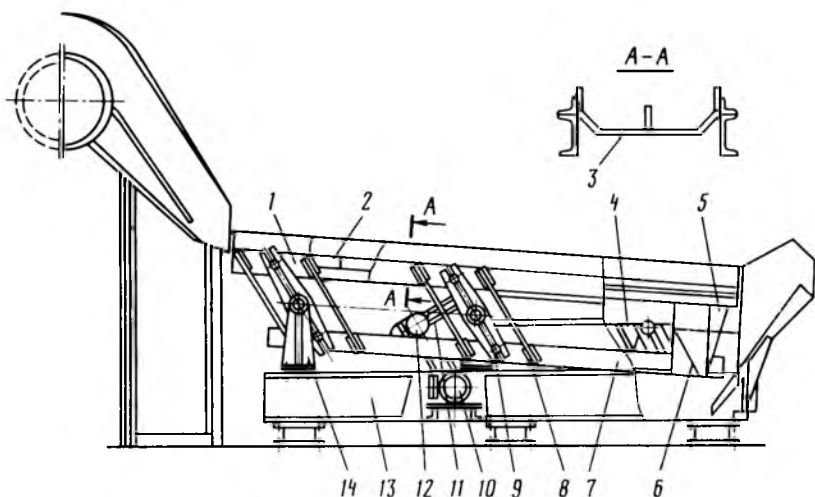


Рис. 122. Установка УРВ-2

Установка УРВ-2 применяется для растаривания гранулированных ВВ и аммиачной селитры (рис. 122). Она представляет собой двухместный виброконвейер с эксцентриковым приводом и одним грузонесущим органом, состоящим из лотка 1 корытчатой формы, на котором закреплен нож 2, в средней части лотка имеется окно 3, под которым расположено сито 4 и одна из щек дробилка 5. Вторая щека 6 крепится к раме противовеса 7. Лоток с ситом и рамой противовеса смонтирован на кронштейнах 14 рамы установки 13 с помощью коромысла 9 и пластинчатых рессор 8. На раме противовеса установлен эксцентриковый привод 12, передающий вибрацию на лоток 1 через шатун 11. Приводом служит электродвигатель 10, установленный на раме 13.

Средний показатель производительности установки при растаривании мешков с аммиачной селитрой составляет 26 т/ч при скорости движения мешка 0,16 м/с. Средневзвешенные потери ВВ, оставшегося в мешке после растаривания, — 32 г, или 0,064 %.

Средняя производительность установки при растаривании мешков с граммонитом 79/21 составляет 27 т/ч при скорости движения мешка 0,15 м/с. Средневзвешенные потери ВВ, оставшегося в мешке после растаривания, — 43 г, или 0,11 %.

Из приведенных данных следует, что при оптимальном режиме работы установки техническая производительность установки составляет 20–25 т/ч.

Установка УРВ-2 снабжена устройством для сбрасывания мешкотапы. Все элементы установки, соприкасающиеся с ВВ, изготавливаются из нержавеющей стали.

Техническая характеристика установки УРВ-2

Производительность, т/ч	20–25
Амплитуда колебаний лотка, мм	3
Частота колебаний, мин ⁻¹	1000
Число ножей	1
Угол вибрации, градус	30
Угол наклона лотка, градус	4
Вид дробилки	Щековая
Электродвигатель	ВА032–4
Мощность, кВт	3
Основные размеры, мм	40×1300×1250
Масса установки, кг	945

На установке Кривбассвзрывпрома для обеспыливания рабочего места используется местный отсос от мешкорастаривающей установки, который осуществляется циклоном ЦН-15 системы НИИГаза диаметром 400 мм с вентилятором ЦП-7-40 во взрывоопасном исполнении. Объем отсасываемого воздуха 1500 м³/ч.

После растаривания ВВ попадает в бункер-накопитель, размер которого определяется потребностью в растаренном ВВ. На больших предприятиях размер бункера принимается таким, чтобы в него помещалось 10–60 т ВВ. Стенки бункера имеют секторный затвор. После растаривания ВВ пустая мешкотара по специальному лотку сбрасывается в тракторный прицеп.

§ 129. Работа постоянного растаривающего комплекса

Постоянный растаривающий комплекс применяется для растаривания и погрузки ВВ в зарядные машины. Он размещается на складе ВВ.

Доставка ВВ из хранилищ к приемной площадке растаривающего комплекса осуществляется аккумуляторными погрузчиками или бортовыми автомобилями. У приемной площадки мешки с ВВ выгружаются на ленточный конвейер. При этом мешки ложатся длинной стороной в направлении движения ленты.

Механизмы растаривающего комплекса блокированы таким образом, что перед началом их работы подается звуковой сигнал предупреждения, затем последовательно включается пылеулавливающее устройство, установка УРВ-2 и в последнюю очередь – ленточный конвейер. Если работу механизмов комплекса необходимо прекратить, все делается в обратном порядке. Частота подачи мешков на ленточный конвейер зависит от производительности установки УРВ-2, на которую мешки попадают с ленточного конвейера, затем ВВ просыпается на сито. Мелкие фракции ВВ попадают в бункер, а слежавшиеся куски – в щековую дробилку, где измельчаются и просыпаются в бункер-накопитель.

При работе мешкорастаривающей установки УРВ-2 для предохранения обслуживающего персонала от вибрации на площадке имеется виброгасящий трап. В конце работы помещение растаривающего ком-

плекса и оборудование очищается от пыли. Электрослесарь ежемесячно перед началом работы проверяет целостность ленты конвейера, исправность роlikоопор, обслуживает электрическое оборудование и пусковую аппаратуру. Оператор установки перед началом работы проверяет целостность рессор, надежность резьбовых соединений и креплений, определяет степень затупленности ножей загрузочного лотка и устраняет неисправности, после окончания работы он очищает все детали установки УРВ-2 от пыли. В обязанности оператора входит также обслуживание пылеулавливающего оборудования. Ежемесячно он проверяет исправность воздуховода и в конце смены очищает его от пыли. Результаты осмотра оборудования ежемесячно заносятся в журнал технического осмотра оборудования растаривающего комплекса.

§ 130. Погрузочно-растаривающая установка 1УПР-30

На горных предприятиях имеется и другая растаривающая установка.

Установка 1УПР-30 осуществляет растаривание гранулированных ВВ из бумажной мешкотары, накопление растаренных ВВ в бункере-накопителе вместимостью 20 т и загрузку транспортно-зарядных машин (рис. 123).

В наклонной галерее расположен ленточный конвейер для транспортирования мешков с ВВ. Конвейер сварной конструкции, несущая часть рамы выполнена из пяти секций, соединенных между собой с помощью болтов. Лента конвейера — не горячая (огнестойкая), на основе поливинилхлорида с электросопротивлением 300 МОм. Лента снабжена резиновыми захватами, которые препятствуют соскальзыванию мешков с ВВ.

Конвейер снабжен деревянными бортами. Растаривающий орган погрузочно-растаривающей установки 1УПР-30 представляет собой

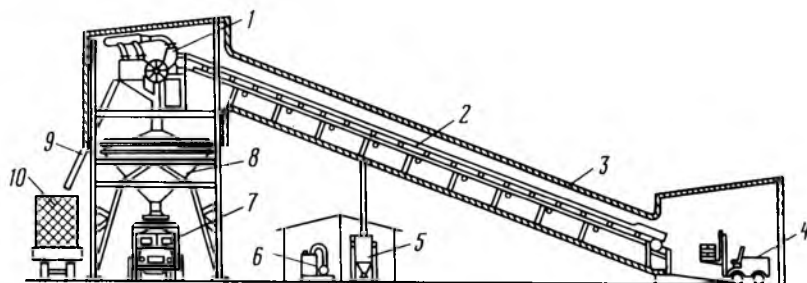
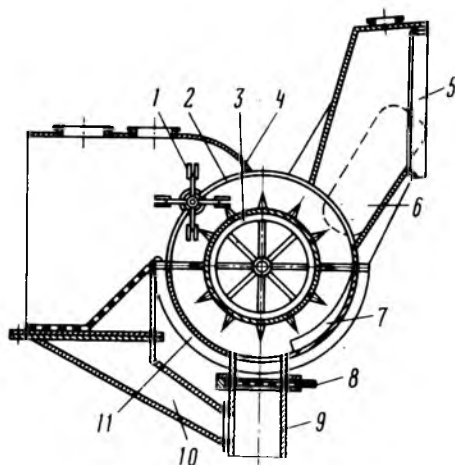


Рис. 123. Погрузочно-растаривающая установка 1УПР-30:

1 — растаривающий орган; 2 — ленточный конвейер; 3 — наклонная галерея; 4 — электропогрузчик для доставки ВВ; 5 — устройство для пылеподавления; 6 — маслостанция; 7 — зарядная машина; 8 — бункер-накопитель; 9 — лоток для выпуска мешкотары; 10 — прицеп для мешкотары

Рис. 124. Растаривающая головка
установки 1УПР-30



сварную конструкцию барабанного типа, выполненную из нержавеющей стали (рис. 124). Он состоит из корпуса 11, крышки 2, барабана с щипами 3, выпускного патрубка 9, отсекающей мешкотары 1, кожуха 4 и воронки 10. Корпус в нижней части имеет выходное отверстие, которое перекрывается решеткой 8. К флангам этого отверстия подсоединяется патрубок 9. С помощью прижимов в корпусе закреплен нож 7, разрезающий мешок по продольной оси. Крышка 2 сварной конструкции имеет со стороны подачи мешков с конвейера окно, закрытое шторкой 5. Здесь же имеется фланец для соединения с трубопроводом пылеподавляющего устройства. Барабан 3 вращается на двух подшипниковых опорах, установленных в корпусе растаривающего органа. По образующей барабана в шахматном порядке закреплены шипы, предназначенные для захвата мешков с ВВ 6 и подача их на нож 7 (см. рис. 124). Отсекатель 1 применяется для съема мешкотары с шипов барабана и направления их на решетку кожуха 4. Вал отсекающей оборудован четырьмя лопастями, выполненными из прорезиненной ленты. Частота вращения вала отсекающей 52 мин^{-1} .

Кожух 4 с помощью болтового крепления соединяется с крышкой и корпусом растаривающей головки (см. рис. 124). Днище кожуха выполнено сетчатым — из полос нержавеющей стали, оно шарнирно крепится к корпусу. В верхней части кожуха предусмотрены фланцы для подсоединения к трубопроводу пылеподавляющего устройства через воронку 10. ВВ, оставшееся в мешкотаре, поступает в бункер-накопитель зарядной машины.

Бункер-накопитель используется для накопления растаренных ВВ, кратковременного их хранения и загрузки транспортно-зарядных машин. Бункер является сварным с футеровкой по внутренней поверхности листом из нержавеющей стали. Выпускное отверстие бункера оборудовано секторным затвором.

Устройство пылеподавления предназначено для сбора образующейся пыли. В него входит вентиляционный агрегат с центробежным вентилятором и электродвигателем во взрывоопасном исполнении и циклон-промыватель. Последний представляет собой прямоточный мокрый пылеуловитель, в котором улавливание пыли происходит не только вследствие осаждения ее на смоченные стенки циклона под действием центробежных сил, но и в результате промывки воздуха водой, распыляемой воздушным потоком. Оборудование устройства пылеподавления размещается в отдельном здании, имеющем два изолированных помещения. В одном из помещений устанавливаются вентиляционный агрегат с центробежным вентилятором, циклон-промыватель и бак для воды, в другом — два электрокалорифера, два вентиляторных агрегата, шкаф управления погрузочно-растаривающей установкой и гидравлическая станция.

Гидравлическая станция применяется в качестве источника гидродвигателя конвейера и барабана растаривающего органа. Установка оборудована необходимой контрольно-измерительной и сигнализирующей аппаратурой.

Работа установки заключается в следующем. ВВ в бумажной мешкотаре с электропогрузчика подается в приемный лоток конвейера. Захваченные упорами на конвейерной ленте мешки транспортируются к растаривающему органу и под действием собственного веса падают на вращающийся барабан. Захваченный шипами мешок разрезается ножом и гранулированные ВВ самотеком через решетку и патрубок поступают в бункер-накопитель. Мешкотара отбивается лопастями отсекателя и выбрасывается на сетку воронки, а затем по наклонному лотку направляется в бункер мешкотары. Число мешков с ВВ, поступающих на конвейер, фиксируется счетчиком.

Глава XX

РАСТАРИВАНИЕ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ НА ПЕРЕДВИЖНЫХ РАСТАРИВАЮЩИХ УСТАНОВКАХ И ТЕХНОЛОГИЯ ИХ РАБОТЫ

§ 131. Общие сведения о передвижных растаривающих установках

На склады потребителей ВВ поступают от заводов-изготовителей в основном в бумажной мешкотаре. Эффективность транспортно-зарядных машин на карьерах в этом случае определяется степенью механизации их загрузки на пунктах растаривания ВВ.

При технической неисправности комплекса на период ремонта оборудования нарушается технологическая схема механизации взрывных работ на предприятиях, затруднено эффективное использование зарядных машин.

Одним из существенных недостатков стационарных комплексов по растариванию мешков с ВВ, включающих бункер-накопитель ВВ, является их малая универсальность.

В связи с тем, что при подготовке массовых взрывов в течение смены может потребоваться несколько типов гранулированных ВВ, наличие одного накопительного бункера на механизированном растаривающем пункте не позволяет оперативно растаривать мешки с ВВ различного типа. Это сказывается на общей производительности комплекса.

Технические несовершенства стационарных растаривающих комплексов привели к необходимости разработки и создания принципиально новой недорогостоящей, мобильной растаривающей установки.

Наиболее мобильной и одновременно эффективной конструкцией является передвижная растаривающая установка МПР-30, предназначенная для растаривания ВВ заводского приготовления и для загрузки их транспортно-зарядных машин или накопительные емкости. Машина позволяет производить растаривание ВВ и загрузку зарядных машин на специальных площадках в любом месте склада или карьера.

Техническая характеристика установки МПР-30

База машины	Шасси автомобиля КрАЗ-256Б или МАЗ-503А
Производительность, т/ч	30
Скорость движения ленты конвейера, м/с	0,5
Ширина ленты, мм	600
Размеры транспортируемого мешка, мм	200х400х800
Масса транспортируемого мешка, кг	48—80
Частота вращения барабана растаривающей головки, мин ⁻¹	10
Ход поршня гидроцилиндра подъема конвейера, мм	320
Тип привода конвейера и растаривающей головки	Гидравлический
Основные размеры, мм:	
в рабочем положении	12900х2628х5850
в транспортном положении	12500х2628х3900
Масса установки, т.	25, 15

В КазПТИ разработана нагнетательная пневмотранспортная схема механизации взрывных работ, предусматривающая растаривание крафт-мешков с ВВ в пневматическом растаривателе-погрузчике РПП-1, оборудованном пневмодозатором МПД-2.

Техническая характеристика пневмодозатора МПД-2

Захватывающий механизм	Вилочный
Высота загрузки мешков, мм	850
Масса мешка, кг, не более	60
Материал мешков	Бумага, полиэтилен, джут

Производительность разгрузки мешков в минуту, шт, не более	10
Параметры пневмотранспортного трубопровода:	
диаметр, мм.	75—100
длина, м, не более	400
Расход сжатого воздуха, м ³ /мин, не более	15
Шасси	Пневноколесное
Тип управления растариванием	Ручное
Основные размеры, мм.	1390×1300×850
Масса установки, кг.	20

§ 132. Основные узлы

и схемы работы передвижных растаривающих установок

Передвижной растариватель МПР-30 состоит из: ленточного конвейера, полноповоротной платформы, растаривающей головки, гидросистемы с гидроприводом и опоры.

Конвейер представляет собой установку длиной 12 м с приводными и натяжными барабанами, несущими и поддерживающими роликами. В рабочем положении конвейера угол наклона его к горизонту составляет 16°. Конвейерная лента имеет специальные скребки для предотвращения скольжения на ней мешков. Ширина ленты принята 600 мм. Скорость движения ленты 0,5 м/с.

Опорно-поворотное устройство смонтировано на сварной раме и закреплено скобками к ложеамтам рамы автомобиля. На опорной платформе находится поворотная платформа с механизмами крепления, подъема и фиксации конвейера. Поворотный круг закрепляется болтами на раме. Для центрирования поворотной платформы используется ступица круга в качестве средней цапфы.

Опорно-поворотное устройство имеет конические катки, вращающиеся на полуосях, установленных на станках. Катки входят в конусную выточку поворотного круга и воспринимают все нагрузки поворотной части машины.

Растаривающая головка (растариватель) представляет собой сварную конструкцию барабанного типа, закрытую крышками, имеющими с наружной стороны опоры для корпусов подшипников. Внутри корпуса головки установлен барабан, на котором имеются шипы для захвата мешка с ВВ и перемещения его к ножам растаривателя. Барабан жестко закреплен на валу, который проходит через сальниковые уплотнения крышек и опирается на подшипниковые опоры. На валу барабана-растаривателя закреплена звездочка, на которую крутящий момент передается от вала ведущего барабана ленточного конвейера посредством цепной передачи. Частота вращения барабана с шипами составляет 10 мин⁻¹.

В корпусе растаривателя имеются три окна: верхнее — загрузочное,

боковое — для выброса порожних мешков и нижнее с решеткой и течкой — для приема растаренного ВВ.

В плоскости между барабаном с шипами и корпусом растаривателя находится вертикальный нож, который закрепляется непосредственно у нижней кромки загрузочного окна. Этим ножом мешок с ВВ разрезается по продольной оси. Ниже вертикального ножа непосредственно над нижним выпускным окном закреплен горизонтальный клиновидный нож, с помощью которого мешок с ВВ дополнительно разрезается поперек продольной оси.

В корпусе растаривателя имеется боковое окно с вращающимся выбрасывателем (отражателем), который, вращаясь в одну сторону с барабаном, снимает с шипов мешкотару и выбрасывает ее на решетку. Последняя соединена карманом с выпускной течкой для возврата в растариватель оставшегося ВВ.

Гидросистема установки состоит из питательного бака, насоса, распределителя, гидродвигателя, обеспечивающего привод конвейера и силового гидроцилиндра, необходимого для подъема и опускания конвейера из транспортного положения в рабочее и обратно, а также из четырех гидропор для устойчивого положения машины во время работы. Привод насоса осуществляется от коробки отбора мощности автомобиля.

Максимальное давление в гидросистеме определяется настройкой предохранительного клапана, вмонтированного в распределитель, и достигает 10 МПа. Давление в системе контролируется манометром.

Последовательность работы погрузочно-растаривающей машины МПР-30 следующая. Погрузочно-растаривающая машина устанавливается на территории базисного или расходного складов ВМ вблизи железнодорожного вагона. Включением гидродвигателя, приводящего в движение ленточный конвейер и растариватель, заканчивается общая подготовка растаривающей машины к работе.

В дальнейшем ВВ в мешках из железнодорожного вагона подается на конвейер машины МПР-30, по которому далее транспортируется к приемной воронке растаривателя. Под действием собственного веса мешки с ВВ падают на шипы вращающегося барабана. Захваченный шипами нерастаренный мешок, вращаясь вместе с барабаном, попадает на вертикальный нож, а затем на горизонтальный (клиновидный). Растаренное ВВ через решетку и выпускную течку растаривателя проходит непосредственно в бункер зарядных машин, или секции специального хранилища базисного склада, допускающего хранение ВВ в насыпном виде.

Порожние мешки, двигаясь на шипах барабана, направляются к боковому окну растаривателя, где снимаются с шипов и выбрасываются в окно на наклонную решетку, с которой тара под действием собственного веса движется по наклонному лотку в прицеп. Растаренные ВВ учитываются счетчиком.

Механизированное растаривание гранулированных ВВ заводского

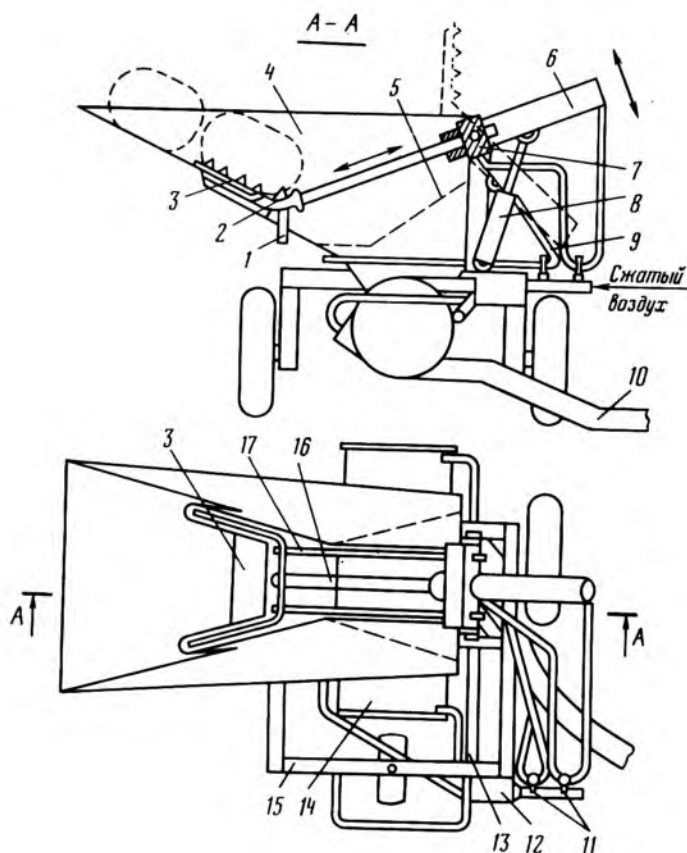


Рис. 125. Растаривающий погрузчик РПП-1

изготовления и загрузка ими бункеров вместимостью 5 м^3 на базисном складе может выполняться с помощью растаривателя-погрузчика РПП-1, оборудованного дозатором МПД.

Растариватель-погрузчик РПП-1 состоит из бункера 4 с габаритной сеткой 5, отбойной стенкой 2 и неподвижным ножом 1 (рис. 125). На течке бункера укрепляют пневмодозатор 14 типа МПД-2 с пультом управления 12, соединенным с воздушным 13 и транспортным 10 трубопроводами. На вертикальной стенке бункера шарнирно закреплена балка 7, на которой установлен тяговый пневмоцилиндр 6, через втулки пропущены штоки 17, закрепленные на вилке 3 с шипами, которая укреплена на штоке 16 тягового пневмоцилиндра. Для поворота балки 7 в вертикальной плоскости имеется переменный пневмоцилиндр 8, который как и тяговый подъемный пневмоцилиндр 6, управляется

двухходовыми кранами 11 через гибкий трубопровод 9. Все узлы растаривателя-погрузчика крепятся на раме 15, установленной на пневмоколесном ходу.

Растариватель устанавливают у двери вагона или в вагоне, что сокращает расстояние подноски мешков с ВВ. Пневматическая погрузка гранулированных ВВ может производиться в стационарные емкости, которые располагаются от вагона на расстоянии до 400 м, или в бункера транспортно-зарядных машин.

Мешки с ВВ подаются вручную на приемный лоток бункера растаривателя-погрузчика, где их удерживает закругленная отбойная стенка 2. Вилка 3 пневмоцилиндром 6 подается под крайний мешок. При этом шипы прокалывают оболочку мешка, а края мешка приподнимаются, натягивая оболочку мешка снизу. При обратном ходе штока пневмоцилиндра 6 мешок протягивается над неподвижным ножом 1, который делает надрез оболочки, и под действием собственного веса ВВ оболочки лопаются в поперечном направлении. Материал поступает через сетку 5 в пневмодозатор 14. Для полного высыпания материала вилке 3 пневмодозатором сообщаются колебания в вертикальной плоскости. Порожние мешки сбрасываются с вилки при ее резком повороте до упора. Затем вилка опускается на сетку, и цикл повторяется (см. рис. 125).

При небольшом количестве слеживающегося материала дробление и просеивание его происходят благодаря возвратно-поступательному движению вилки по плоскости габаритной сетки.

§ 133. Конструктивные особенности передвижных погрузочно-растаривающих машин МПР-30

Машина МПР-30 (рис. 126) смонтирована на базе автомобиля КрАЗ-256Б или МАЗ-503А, на шасси которого расположены следующие основные узлы: рама 4 с гидроопорами, ленточный конвейер 2, растаривающая головка 1, установка привода 3, гидравлическая система, электрооборудование.

Конструкция машины выполнена на шасси автомобиля с учетом особенностей работы на базисных (расходных) складах или специально оборудованных площадках.

Рама с гидроопорами представляет собой сварную конструкцию из швеллеров, связанных между собой поперечными балками-связями.

К раме прикреплены четыре кронштейна 7, которые предназначены для обеспечения устойчивости машины в рабочем состоянии. В транспортном положении опоры откидываются вверх и стопорятся фиксатором, который переставляется из отверстия рабочего положения в отверстие транспортного положения. Опоры крепятся к раме автомобиля стяжками 5 (см. рис. 126). Управление опорами осуществляется от гидронасоса 6.

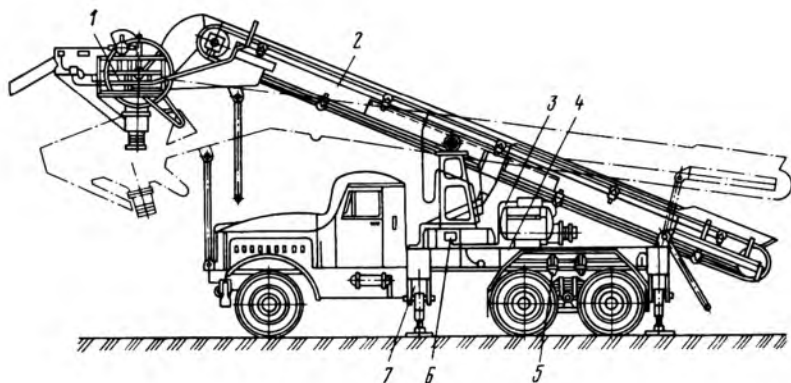


Рис. 126. Погрузочно-растаривающая машина МПР-30

Ленточный конвейер предназначен для транспортирования БВ в бумажных мешках к растаривающей головке. Несущая конструкция конвейера выполнена из горячекатанной трубы диаметром 300 мм, усиленной швеллерами. Конвейер цапфами установлен в подшипниках, закрепленных на опоре. Специальными стопорами он фиксируется к стенке, установленной в нижней части приемного лотка конвейера, где расположены натяжной барабан с натяжным устройством. В верхней части конвейера установлен приводной барабан, опорами барабана являются редуктор и подшипниковый узел. На кронштейне крепятся растаривающая головка и площадка для обслуживания. На трубе с помощью кронштейнов закреплены поддерживающие ленту ролики.

Стрела конвейера длиной 12 м вынесена на 3,5 м за пределы габаритов автомобиля с целью обеспечения безопасного подъезда зарядных машин под загрузочный рукав растаривающей машины.

Лента конвейера шириной 600 мм выполнена из негорючей прорезиненной ткани на основе поливинилхлорида с электросопротивлением, равным 3 МОм. Скорость движения ленты в соответствии с требованиями безопасного транспортирования БВ принята равной 0,5 м/с. На рабочей поверхности ленты конвейера закреплены захваты из мягкой резины, препятствующие скольжению мешков с БВ по ленте, когда стрела конвейера находится в рабочем положении. Подъем и опускание конвейера осуществляются гидроцилиндром, шарнирно закрепленным на кронштейне.

Стрела конвейера уравновешена относительно поддерживающих цапф. Для размещения контргрузов при статическом уравновешивании конвейера предназначена коробка.

Конвейер растаривающей машины установлен на поворотной платформе опорно-поворотного устройства. Наличие поворотной платформы позволяет быстро совмещать загрузочный рукав раста-

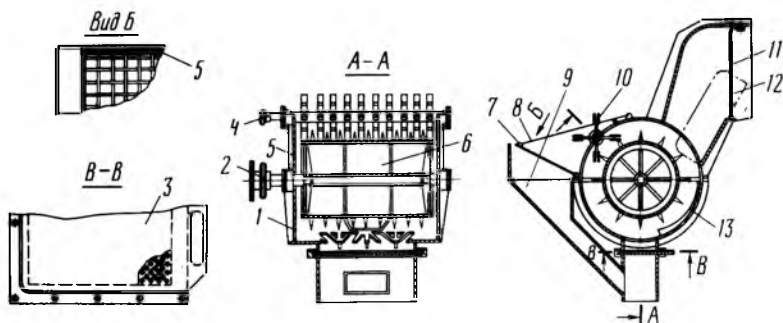


Рис. 127. Растаривающая головка машины МПР-30

ривающей машины с отверстиями приемных люков зарядных машин во время растаривания ВВ.

Для восприятия закономерных нагрузок во время работы растаривающей машины и поворота стрелы используются три конических катка диаметром 140 мм, вращающихся на полуосях, которые закрепляются на поворотной платформе. Катки входят в коническую втулку поворотного круга. Последний изготовлен из литой стали. Диаметр поворотного круга составляет 1100 мм, что обеспечивает нормальную устойчивость всей машины как в рабочем, так и в транспортном положении.

Растаривающая головка машины МПР-30 закрепляется на кронштейнах у приводного барабана конвейера и представляет собой сварную конструкцию барабанного типа. Головка состоит из корпуса 1, крыши 5, барабана с шипами 6, тчки 9, сетки 8 и отсекателя 10 (рис. 127).

Корпус головки выполнен из листовой нержавеющей стали. В корпусе со стороны подачи мешков с ВВ имеется продольный паз, в котором с помощью прижимов закреплен нож 13, разрезающий мешок с ВВ по продольной оси. В нижней части корпус имеет проем с фланцем, в котором размещена выдвижная решетка 3 из нержавеющей листа с просверленными отверстиями. Решетка служит для предотвращения попадания обрывков мешкотары в бункер. К фланцу прикрепляется патрубок с боковым отверстием для присоединения тчки 9, по которой ВВ, вытряхиваемое из мешков, попадает в бункер.

Мешки с ВВ, сбрасываемые с ленты конвейера, скользят по наклонной плоскости корпуса головки к вращающемуся барабану с шипами.

По образующей барабана закреплены шипы, расположенные рядами в шахматном порядке. Расстояние между шипами в ряду принято равным 80 мм. Эти расстояния определены экспериментальным путем из расчета исключения разрыва мешка в местах прокалывания его шипами. Кроме того, подобное расположение шипов на барабане

способствует раздразливанию слежавшихся аммиачно-селитренных ВВ. Ширина барабана принята равной 700 мм, что обеспечивает нормальный разворот мешка при его разрезании горизонтальным клиновидным ножом. Благодаря подобной форме ножа движущийся на шипах мешок с ВВ разрезается по продольной оси его торца и разворачивается, что максимально снижает количество оставшегося в мешках ВВ.

К корпусу головки с помощью болтов крепится крышка 5, в которой со стороны подачи мешков с ВВ имеется проем, закрытый шторкой 11. Шторка препятствует пылевыведению из корпуса во время растаривания.

Сетка 8 выполнена сваркой из полос нержавеющей стали. Угол наклона сетки регулируется двумя капроновыми капотами 7. Между корпусом и крышкой на шарикоподшипниковых опорах закреплен барабан с шипами 6, предназначенный для захвата и подачи на нож мешков с ВВ. Вал барабана имеет звездочку 2, которая передает крутящий момент звездочке 4, сидящей на валу отсекателя 10, лопастями отсекающего снимается порожний мешок, движущийся на шипах барабана (см. рис. 127).

Отсекатель представляет собой вращающийся вал, на котором имеются лопасти с эластичными резиновыми наконечниками. Частота вращения отсекателя определена на основании экспериментальных исследований и составляет 30 мин^{-1} , т.е. в 3 раза больше, чем барабана.

Растаривающее устройство содержит ленточный конвейер 1 с опорно-поворотным механизмом 2 и гидроприводом 3, а также механизм для удаления тары (рис. 128). Механизм для разрезания мешков с ВВ состоит из герметической камеры 4, смонтированного в ней барабана 5, установленного на внутренней поверхности корпуса камеры серповидного ножа 6.

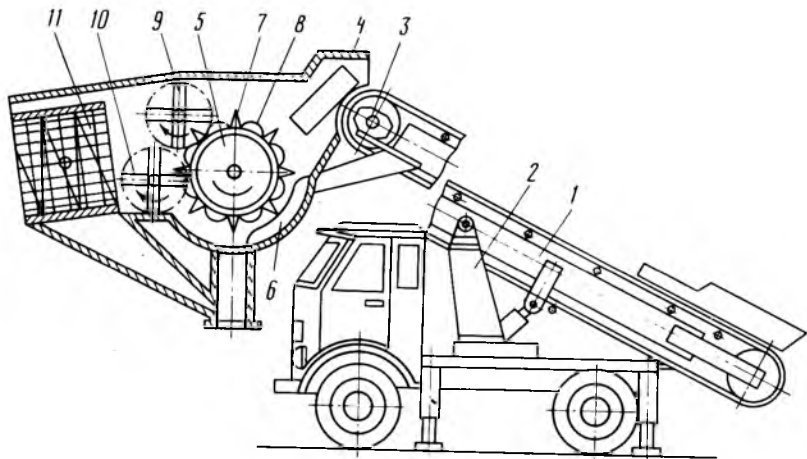


Рис. 128. Растаривающее устройство машины МПР-30

На барабане 5 расположены шипы 7 и дисковой нож 8, а серповидный нож 6 смонтирован соосно с последним. Приспособление для удаления материала из мешков содержит верхний и нижний отбойники 9 и 10 порожних мешков и сетчатый барабан 11 (см. рис. 128).

§ 134. Гидросистема и электрооборудование машины МПР-30

Гидросистема растаривающей машины смонтирована на раме опорно-поворотного устройства.

Гидропривод машины может работать от одного из двух гидронасосов. Один гидронасос приводится во вращение от коробки отбора мощности автомобиля, второй — электродвигателем от сети трехфазного переменного тока напряжением 380 В.

Гидропривод обеспечивает: привод ленты контейнера и растаривающей головки; подъем конвейера из транспортного положения в рабочее и обратно; настройку и поддержание необходимого рабочего давления в гидросистеме; регулирование скорости движения ленты конвейера, растаривающей головки, подъема и опускания конвейера; постоянство скорости движения независимо от изменения нагрузки на ленте и на растаривающей головке.

Гидросистема состоит из маслобака 1, двух насосов 3, электродвигателя 2 для привода одного из насосов, обратных клапанов 4 для запираания жидкости при работе одного из двух насосов, распределителя 8 и контрольно-регулирующей аппаратуры (рис. 129). Дроссели с регулятором 6 предназначены для регулировки на рабочий режим приво-

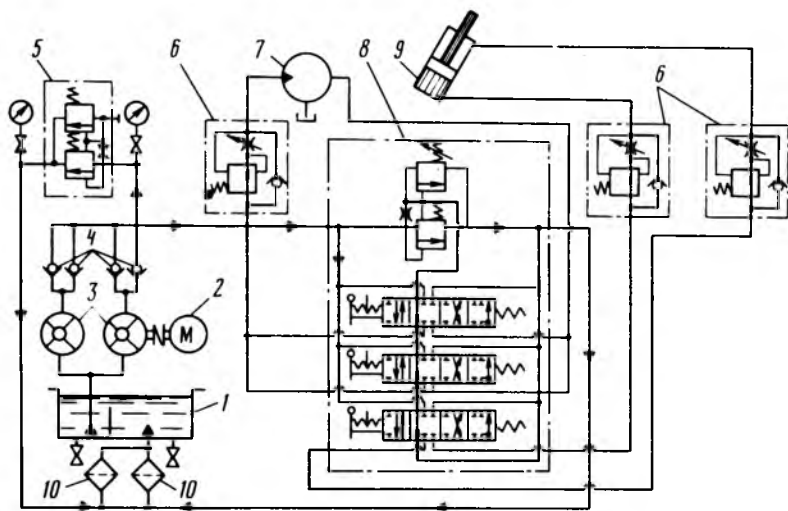


Рис. 129. Гидросистема машины МПР-30

дов контейнера, растаривающей головки, подъема и опускания. Для компактности и надежности в работе гидроаппаратура выполнена в панельном исполнении и крепится на одной плитке.

При работающем насосе команды на выполнение различных операций поступают от распределителя. В нейтральном положении рабочая жидкость из бака через насос и открытый перепускной клапан распределителя сливается через фильтры 10 в бак. При этом давление, развиваемое насосом, составляет 0,2 МПа. Давление рабочей жидкости при переводе насоса в рабочий режим определяется настройкой предохранительного клапана 5 в пределах 0,5–6,3 МПа. Поступая от распределителя через дроссель с регулятором в цилиндрическую полость гидроцилиндра 9, рабочая жидкость обеспечивает подъем конвейера (см. рис. 129).

При включении рукоятки управления в положение "Конвейер вперед" включается в работу гидродвигатель привода конвейера 7; в положении "Стоп" (нейтральное положение) вращение двигателя прекращается. Установкой рукоятки в положение "Конвейер назад" производится обратное вращение гидродвигателя.

Электрооборудование погрузочно-растаривающей машины (электродвигатель, электромагнитный пускатель, система звуковой сигнализации, коммутационная аппаратура и др.) обеспечивает автоматический учет растаренных мешков с ВВ, работу гидростанции и механизмов.

Глава XXI

ЗАРЯДНЫЕ МАШИНЫ

§ 135. Классификация зарядных машин

Зарядная машина является основным оборудованием, обеспечивающим комплексную механизацию работ по загрузке, доставке, дозировке и заряданию ВВ. Как головная машина, обеспечивающая конечный процесс механизации зарядания, она и определяет основные технико-экономические показатели работы всего комплекса.

В основу классификации зарядных машин для открытых горных работ положен ОСТ 24.073.01Е. В соответствии с этим ОСТом зарядные машины для открытых горных работ должны изготавливаться двух типов: для зарядания скважин игданитом и гранулированными ВВ заводского приготовления; для зарядания скважин водосодержащими ВВ.

Основные параметры и типоразмеры машин для зарядания скважин игданитом и гранулированными ВВ заводского приготовления и для зарядания водосодержащими ВВ приведены в табл. 52.

Таблица 52

Типоразмеры и параметры зарядных машин

Типоразмер зарядной машины	Техническая производительность, кг/мин, не менее	Грузоподъемность по ВВ, т, не менее	Рекомендуемый диаметр заряда, мм

Заряжание игданитом и гранулированными ВВ

МЗ-1	180	3	105
МЗ-2	180	5	105
МЗ-3	300	10	125
МЗ-4	450	25	160
МЗ-5	630	40	200

Заряжание водосодержащими ВВ

МЗ-2В	180	5	105
МЗ-3В	300	10	125
МЗ-4В	450	25	160
МЗ-5В	630	40	200

Таблица 53

Основные параметры применяемых зарядных машин

Группа	Типоразмер машины	Тип рабочего органа	Грузоподъемность, т	Производительность, кг/мин	
				проектная	достигнутая
I	МЗ-3	Шнековый	10	300	300
I	МЗ-4	—	25	430	430
II	Зыряновск	Вибролотковый	10	170	200
III	МЗ-8	Пневмодиафрагма	8	400	400—450
III	МЗ-12	—	10	400	400—450

В зависимости от рабочего органа по выгрузке ВВ из зарядной машины их можно разделить на три группы (табл. 53).

Шнековые машины выпускаются Карпинским машиностроительным заводом конструкции НИПИгормаш. Зарядная машина Зыряновск, разработанная КазПТИ, оборудована вибролотковым рабочим органом и работает на крупных карьерах цветной металлургии Казахстана. В зарядных машинах МЗ-8 и МЗ-12 рабочим органом являются пневматические диафрагмы. Машины, разработанные ИГТМ АН УССР совместно с Кривбасвзрывпромом, широко внедрены на карьерах Кривбасса и других горных предприятиях Украины.

§ 136. Зарядная машина МЗ-4

Зарядная машина МЗ-4, разработанная НИПИгормашем, изготавливается опытным заводом института, проходит широкие промышленные испытания в различных климатических и горно-геологических условиях. Она является самой крупной зарядной машиной в нашей стране, создана с учетом многолетней эксплуатации машин СУЗН-5.

Зарядная машина МЗ-4 смонтирована на шасси автомобиля БелАЗ-540А. Опрокидывающийся бункер продольной перегородкой разделен на две части. Его загрузка производится через люки, закрываемые крышками. В закрытом положении закрепляются замками. В задней стенке бункера для визуального контроля уровня ВВ в каждом отсеке имеются пазы, закрытые органическим стеклом.

Подъем бункера выполняется гидроцилиндрами, в которых установлены втулки между первой и второй выдвижными трубами. Благодаря этому максимальный угол подъема бункера ограничен (45°).

К нижней части бункера крепится подающее устройство, состоящее из неподвижного и подвижного шнеков. Вращение шнеков осуществляется от гидравлического двигателя через планетарный редуктор.

Подвижный шнек перемещается по направляющим рейкам на роликах и выдвигается сдвоенными гидравлическими цилиндрами. Вращение его через переднюю передачу передается на счетное устройство.

Пульт управления зарядной машиной укреплен на раме автомобиля болтами и размещен в средней части автомобиля. На пульте смонтированы все приборы контроля и управления процессов зарядания: рукоятка 1 системы приготовления игданита, рукоятка 2 золотника подвижного шнека, кран задающего устройства 3, регулятор частоты вращения шнеков 4, задающее устройство 5, манометры подвижного 6 и неподвижного 7 шнеков, манометр системы приготовления игданита 8, счетчик ручного управления 9, кран выдвижения и возврата шнека 10 и кран 11 включения и выключения неподвижного шнека (рис. 130).

Гидравлическая система зарядной машины предназначена для вращения шнеков, регулирования их частоты вращения, передвижения подвижного шнека, управления всем процессом зарядания ВВ и автоматического отключения гидравлических двигателей шнеков.

Перед заряданием гранулированных ВВ двигатель автомобиля прогревается и устанавливается на частоту вращения 1000 мин^{-1} . В этом режиме работы двигателя приступают к заряданию. Выдвигают подвижной шнек краном 11 (см. рис. 130), поставив его в положение "Выдвижение шнека". После того как рукав шнека для загрузки ВВ установлен над скважиной, кран ставится в положение "Выключен".

При переезде к следующей скважине шнек можно выставлять над скважиной движением автомобиля или вновь повторять выдвижение кранами.

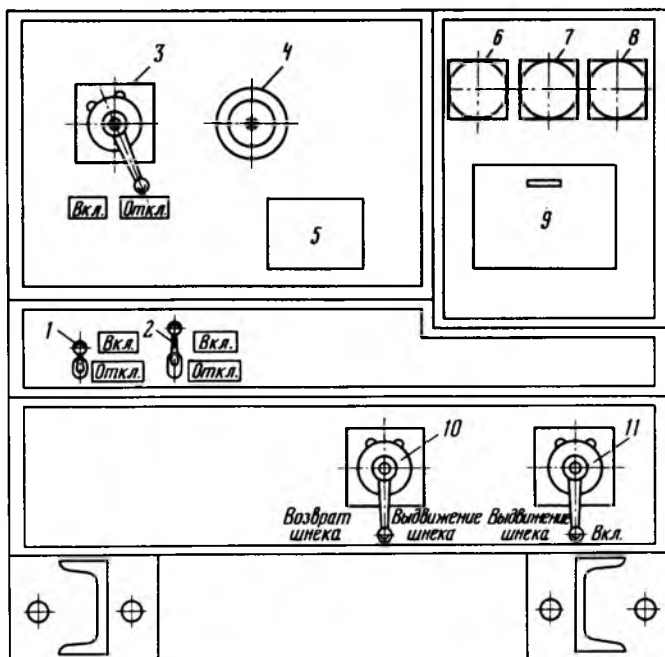


Рис. 130. Пульт управления зарядной машины МЗ-4

При зарядании кран 11 и рукоятку 2 следует поставить в положение "Включено". В это время включаются оба шнека и начинается процесс зарядания. Количество ВВ, подаваемое в скважину, контролируется показанием счетчика.

Для уборки показания счетчика его ручку нужно повернуть по часовой стрелке на $3/4$ оборота и услышать три щелчка. На счетчике появится цифра 9999. После этого ручку с усилием поворачивают в обратную сторону до отказа, затем поворачивают ее на $1/4$ оборота по часовой стрелке. Счетчик ставится в исходное положение с цифрой 0000.

Для остановки шнеков кран 11 следует поднять вверх и рукоятку 2 переместить в положение "Отключен". После этого оба шнека остановятся и зарядание прекратится. Для работы в автоматическом режиме (см. рис. 130) на задающем устройстве 5 набирают цифру требуемого заряда, например 1258 (кг), включают кран 3, после чего рукоятку 2 ставят в положение "Включено". В этот момент включаются оба шнека и начинается зарядание. Когда на счетчике появится цифра "0000", шнеки отключаются — зарядание закончено. При зарядании скважин игданитом одновременно с включением рукоятки 2 включается рукоятка 1 пульта управления.

В случае необходимости ручной остановки процесса зарядания рычаг приподнимается на рукоятке 1. По мере выработки ВВ из задней части бункера последний периодически поднимается и ВВ перемещается из передней части бункера в заднюю.

Для нормальной работы машины необходимо соблюдать сроки и правила технического обслуживания.

Машина МЗ-4 оборудована двумя огнетушителями, а также приспособлением против скольжения. Глушитель оборудован искрогасителем, имеется заземление.

К работе в качестве оператора-взрывника допускаются лица, знающие устройство машины, требования эксплуатации, правила безопасности и имеющие Единую книжку взрывника. К управлению автомобилем машины МЗ-4 может быть допущен шофер, прошедший специальный инструктаж по правилам перевозки ВВ и заряданию скважин.

К месту зарядания машину сопровождает оператор-взрывник. Транспортирование ВВ без сопровождающих допускается в том случае, если шофер имеет Единую книжку взрывника. Допустимая скорость движения зарядных машин 40 км/ч.

Запрещается ремонтировать зарядные машины с ВВ. Ремонт возможен для деталей, не связанных с ВВ. Во время ремонта машины с грузом ВВ запрещается производить какие-либо действия, связанные с возможностью образования огня или искр.

Зарядная машина МЗ-4 способна изготавливать и заряжать игданит, оборудована механизмом автоматического дозирования.

Машина имеет и ряд недостатков: большая грузоподъемность ограничивает перемещение машины в черте города. Гидравлическая система машины недостаточно надежна при низких температурах, сложна в управлении и дорога. Зарядание скважин осуществляется самотеком с невысокой плотностью.

§ 137. Зарядная машина МЗ-3

Зарядная машина МЗ-3, разработанная НИПИГормашем, прошла промышленные испытания и допущена к постоянному применению на открытых горных разработках. Машина предназначена для транспортирования и зарядания гранулированных ВВ, а также для раздельного транспортирования компонентов и приготовления взрывчатых смесей типа игданит в процессе зарядания.

Зарядная машина МЗ-3 смонтирована на базе автомобиля КраЗ-256Б. На раме автомобиля смонтирован бункер 1, шнеки 3, мерносмесительная камера 4, шланговый барабан 2, гидросистема, пневмосистема и система приготовления игданита (рис. 131).

Бункер предназначен для размещения гранулированных ВВ и твердых компонентов для приготовления игданита. В верхней части бункера имеются загрузочные окна, закрываемые крышками. Для предотв-

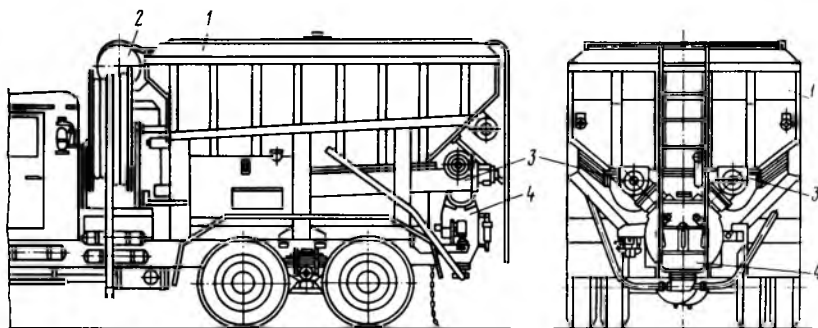


Рис. 131. Зарядная машина МЗ-3

ращения попадания в бункер бумаги и других посторонних предметов в загрузочных окнах установлена сетка.

В нижней части бункера размещены два шнека — левый и правый. Шнеки предназначены для принудительной подачи ВВ из бункера в мерносмесительную камеру, где происходит совмещение компонентов ВВ, их взвешивание и подача в скважину под действием сжатого воздуха. Мерносмесительная камера представляет собой сварной сосуд из нержавеющей стали, в верхней части которого приварены лотки, соединяющие его с бункером. Через эти лотки ВВ подается шнеками в мерносмесительную камеру.

В нижней части камеры имеется загрузочное окно. Внутри камеры находятся верхние и нижние форсунки. Верхняя форсунка используется для подачи дизельного топлива, нижняя — для подвода воздуха. Мерносмесительная камера одним концом шарнирно крепится к опоре, а на другом конце камеры расположены рычаг, опирающийся на пружину, и гидравлический датчик. Датчик связан с электроконтактным манометром, показывающим количество ВВ в камере. Манометр установлен в кабине автомобиля на пульте управления. Шкала отградуирована в килограммах.

Шланговый барабан предназначен для подъема и опускания зарядного шланга.

Гидравлическая система машины применяется для привода рабочих органов шнеков и барабана. В гидравлическую систему машины входят (рис. 132, а) двухсекционный лопастной насос 1 типа 100Г12-25А, фильтры 2 типа ФВГ 32-40, делитель потока 4, манометр 3 типа МТ-60, гидродвигатель шнеков 5 типа Г1В-15А, предохранительный клапан 7 типа КПЕ-40, кран управления 6 типа Г71-21, лопастной насос привода барабана 8 типа Г12-23, предохранительный клапан 9 типа КПЕ-16, реверсивный золотник 10 типа 64Г74-24, гидродвигатель привода барабана 11 типа Г16-12, дроссель 12 типа Г55-23, напорный золотник 15 типа Г54-23, гидроцилиндры 14 и 13 и манометр типа МТ-60.

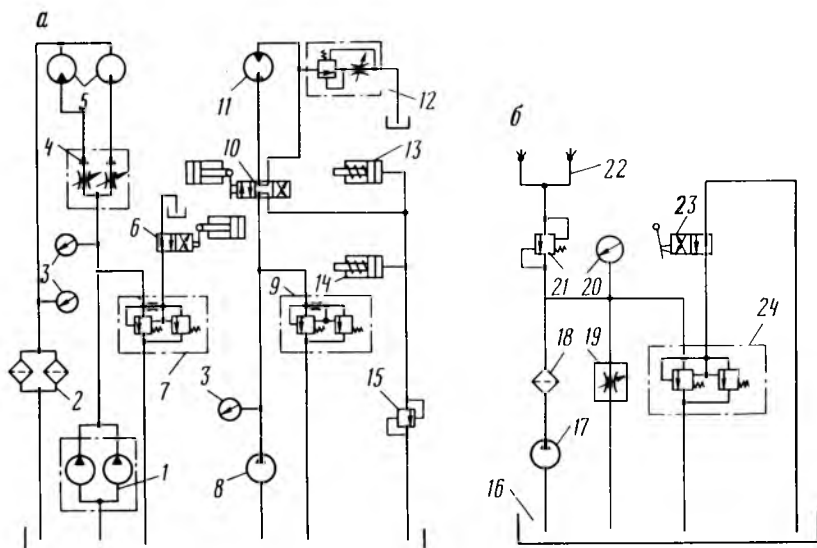


Рис. 132. Гидросистемы зарядки ВВ (а) и приготовления игданита (б) на машине МЗ-3

В гидросистеме шнеков масло от насоса 1 поступает к делителю потока 4, а затем — к гидродвигателям 5 привода шнека и через фильтры 2 — в маслобак. Предохранительный клапан 7 служит для предохранения гидросистемы от перегрузки, манометр 3 — для контроля за давлением в гидросистеме.

В гидросистеме привода барабана масло из маслобака поступает к реверсивному золотнику 10, затем в гидродвигатель, и далее, через напорный золотник 15 и фильтры 2 — в маслобак. Для регулирования скорости подъема шланга применяется дроссель 12. Напорный золотник 15 предназначен для создания подпора на сливе, необходимого для работы гидроцилиндра 14 и 13 (см. рис. 132, а).

Система приготовления игданита предназначена для подачи в заданном количестве дизельного топлива в аммиачную селитру (рис. 132, б). В гидравлическую систему приготовления игданита входит бак для дизельного топлива 16, насос 17 типа Г12-24А, предохранительный клапан 24 типа Г52-14, дроссель 19 типа Д14-16, манометр 20 типа МТ-60, фильтр 18 типа О12Г41-14, кран управления 23 типа Г71-21, напорный золотник 21 типа Г54-24 и форсунки 22.

Дизельное топливо из бака 16 подается насосом 17 в мерносмесительную камеру и через форсунки 22 впрыскивается в аммиачную селитру (см. рис. 132, б).

Пневматическая система зарядной машины предназначена для подачи сжатого воздуха в систему пневмотранспортирования ВВ, управления

работой запорных устройств на мерносмесительной камере, а также для работы цилиндров включения шнеков и управления подачей дизельного топлива (рис. 133). В пневматическую систему входят компрессор 1 типа К-5М, манометр первой ступени компрессора 2 типа МТ-60, обратный клапан 5, манометр второй ступени компрессора 8 типа МТ-60, воздухохраник 7 от компрессора ЗИФ-55, обратный клапан 9 типа В51, воздухохраник 10, датчик 4, сервомеханизм 3, предохранительный клапан 6, фильтр 11 типа БВ41-13, маслораспылитель 12 типа В44-23, пневмоцилиндры заслонок мерносмесительной камеры 17, открывания заслонок 18 и управления подачей воздуха 16, воздухораспределитель 14 типа В63-23, пневмоцилиндр 20 управления подачей ВВ и дизельного топлива, вентили с электромагнитным управлением 19 типа ВВ-32111, кран управления разгрузкой компрессора 13, кран управления подачей воздуха 15, реле 22 типа В61-22, пневмоцилиндры стопора барабана 23 управления золотником включения барабана 21.

Пневмосистема работает следующим образом. Воздух от компрессора 1 через обратный клапан 9 поступает в воздухохраник 7, в котором скапливается запас воздуха, необходимый для пневмотранспортирования ВВ. Часть воздуха из воздухохраника 7 через обратный клапан 9 поступает в воздухохраник 10. Этот запас воздуха необходим для работы цилиндров управления. Проходя через фильтр 11 и маслораспределитель 12, воздух поступает к воздухораспределителям 14 по вентилям 19. Управление воздухораспределителем выполняется вентилями 19(1) и 19(3). Вентиль 19(2) используется для управления пневмоцилиндром включения шнека, вентили 19(4) и 19(5) — пневмоцилиндрами стопора барабана 23 и золотника включения барабана 21. Кран 15 применяется для подачи воздуха в пневмоцилиндры заслонок, а также для подачи воздуха в систему пневмотранспортирования. Датчик 4 и сервомеханизм 3 служат для разгрузки компрессора от давления (см. рис. 133).

Машина МЗ-3 может работать в автоматическом режиме. Для этого разработана схема автоматики для управления работой зарядной машины. Схемой предусматривается автоматический учет заряжаемого ВВ, подъем зарядного шланга и подача ВВ.

Для управления работой машины в кабине автомобиля установлен пульт управления (рис. 134). Он состоит из электроконтактного манометра 11, выключателя 5, сигнальных ламп включения питания 4 и подачи дизельного топлива 3, тумблера включения сигнальной лампы 2, тахометра 1, тумблера включения числа циклов 6, пусковой кнопки 7, кнопки экстренной остановки работы машины 8, выключателя управления подъема и опускания зарядного шланга 9, выключателя автоматического подъема зарядного шланга в процессе разгрузки камеры 10.

Перед загрузкой твердых компонентов в бункер машины необходимо подготовить, осмотреть и закрыть заслонки левого и правого шнеков. Загрузка твердых компонентов происходит через загрузоч-

Рис. 133. Пневматическая система машины МЗ-3

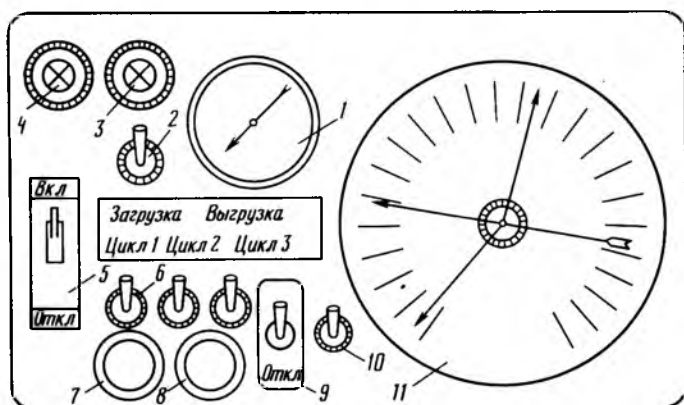
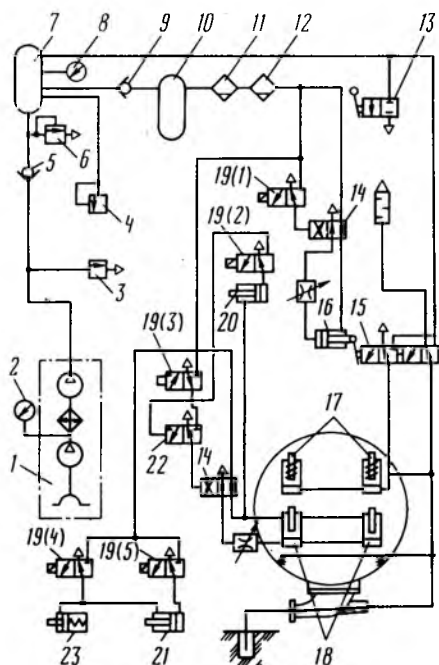


Рис. 134. Пульт управления машины МЗ-3

ные окна в бункере. Заливка дизельного топлива производится через заливную горловину бака, расположенную под мерносмесительной камерой.

Перед началом зарядания скважин на карьере необходимо открыть

заслонки шнеков и установить направляющую зарядного шланга в рабочее положение. После этого включают зарядную машину.

Включение зарядной машины следует выполнять в следующей последовательности: поставить рычаг управления раздаточной коробкой в нейтральное положение; выключить сцепление; включить четвертую передачу коробки передач автомобиля; установить малую частоту вращения коленчатого вала двигателя автомобиля; включить коробку отбора мощности; плавно включить сцепление; постепенно увеличить частоту вращения двигателя до 1200 мин⁻¹.

После этого приступают к заряданию скважин: включается тумблер подачи питания на пульт управления, опускается зарядный шланг в скважину, устанавливается на пульте управления масса ВВ, подаваемого в скважину, и число циклов при зарядании. После завершения последних операций включаются шнеки и выполняется зарядание скважины.

Зарядная машина МЗ-3 имеет ряд достоинств. Наличие зарядного шланга и подача ВВ сжатым воздухом дают возможность повысить плотность зарядания, уложить ВВ под водой, без переезда зарядить несколько скважин. Автоматика и весовое дозирование повышают производительность машины при зарядании и увеличивают точность взвешивания. Машина может выполнять зарядание как готовых ВВ, так и ВВ, изготавливаемых при зарядании.

Зарядная машина оборудована двумя огнетушителями, глушителем с искрогасителем и заземляющими цепями. К управлению зарядной машиной допускается шофер, имеющий Единую книжку взрывника и прошедший специальное обучение по устройству и эксплуатации зарядной машины.

§ 138. Зарядные машины с пневматическими диафрагмами

ИГТМ АН УССР совместно с Кривбассвзрывпромом разработаны транспортно-зарядные машины МЗ-8 и МЗ-12 с управляемыми пневмодиафрагмами и силовыми направляющими полками.

Опытные образцы зарядных машин этих типов изготовлены на шасси автомобиля МАЗ-503Б или КрАЗ-219. Зарядные машины указанных типов различаются между собой грузоподъемностью и числом бункеров. Грузоподъемность машин МЗ-8 и МЗ-12 составляет соответственно 7 и 11,5 т. Машина МЗ-8 (рис. 135) имеет один бункер и дозатор, а МЗ-12 — два изолированных один от другого бункера и столько же дозаторов.

Транспортно-зарядные машины диафрагменного типа состоят из следующих основных узлов: шасси автомобиля 1, бункера 2, дозатора 3 и пневмосистемы 4 (см. рис. 135). Бункера зарядных машин изготовляются из нержавеющей стали. Внутри каждого бункера имеется пневмодиафрагма 5 с силовым направляющим потоком 6. Пневмодиафрагма изготовлена из эластичной прорезиненной ткани, которая герметично

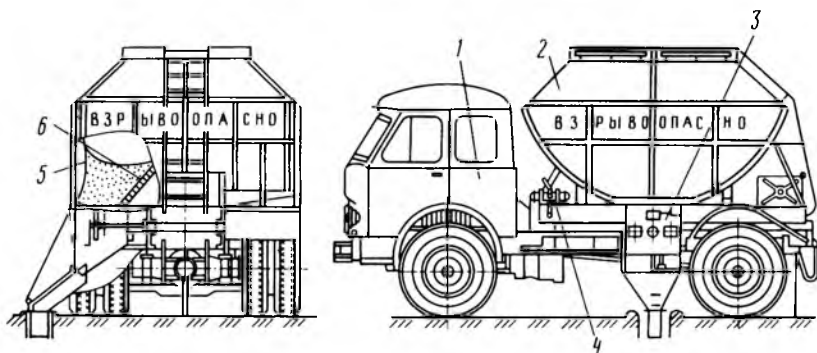


Рис. 135. Зарядная машина МЗ-8

закреплена в верхней части бункера по периметру его стенок, а внизу — по контуру выпускного проема.

Силовой направляющий полук представляет собой металлическую плиту, которая одним торцом шарнирно закрепляется у выпускного проема бункера, а всей площадью герметично соединяется с пневмодиафрагмой.

Пневмосистема предназначена для выгрузки ВВ из бункеров в дозаторы. В нее входят: нагнетатель, воздухопровод, обратный клапан и кран управления. Во время зарядания скважин зарядными машинами работа пневмосистемы заключается в следующем. Сжатый воздух, вырабатываемый нагнетателем под давлением 20–30 кПа, поступает по трубопроводам в полость, образованную между стенками бункера и пневмодиафрагмой. При этом пневмодиафрагма под действием сжатого воздуха поднимается и перемещает ВВ, находящееся в бункере на силовой направляющий полук. Последний вместе с пневмодиафрагмой, поднимаясь, поворачивается вокруг оси шарнира, в результате чего ВВ перемещается к выпускному проему бункера, а затем в дозатор. После выгрузки ВВ из бункера в момент достижения полком угла поворота, равного 60° , открывается обратный клапан. Сжатый воздух уходит в атмосферу, а пневмодиафрагма вместе с направляющим полком оседает и занимает исходное положение на дне и стенках бункера.

Испытания зарядных машин проводились на железнодорожных карьерах в различных климатических условиях при зарядании скважин различного диаметра. Производительность зарядных машин определяется емкостью дозатора и зависит от расстояния транспортирования ВВ от базисного склада до карьера, а также от обводненности заряжаемых скважин.

Дозаторы рычажно-пружинного типа, работающие на принципе весового дозирования, установленные на зарядных машинах, обеспечивают максимальную их производительность (13–15 доз в минуту). С помощью тарировочных пружин они обеспечивают регулировку мас-

сы дозы. Минимальная масса дозы колеблется в пределах 10 кг, а максимальная ограничивается вместимостью дозатора и составляет 25 кг. Производительность зарядной машины при минимальной массе дозы не превышает 220 кг/мин, а при максимальной 375 кг/мин. При увеличении вместимости дозатора до 30 кг ВВ производительность зарядной машины повышается до 450 кг/мин. Однако с увеличением вместимостей дозатора увеличиваются его размеры, что влияет на высоту его подвески к бункеру машины. При этом уменьшается длина наклонного лотка, по которому перемещается ВВ из дозатора в скважину. В результате этого необходимо приближение зарядной машины к скважине и повышается опасность разрушения ее устья.

Был испытан дозатор, работающий на принципе объемного дозирования. Он представляет собой пустотелый цилиндр с градуированным стеклом и шибберными пневматическими заслонками для приема и выпуска ВВ. При использовании объемного дозатора производительность зарядных машин увеличилась незначительно и составила 420–450 кг/мин. Однако точность дозирования возросла по сравнению с предыдущим дозатором (погрешность не превышала 3 %). Недостатком этого дозатора является цикличность дозирования, что снижает его производительность.

Максимальная производительность зарядных машин достигается при зарядании сухих и малообводненных скважин (уровень воды до 3,5 м). При зарядании сильнообводненных скважин (уровень воды 4 м и более) производительность машин резко уменьшается (более чем на 30 %) из-за сопротивления воды погружению ВВ. При транспортировании ВВ на малые расстояния (12–15 км) сменная производительность зарядных машин типа МЗ-8 и МЗ-12 составляет соответственно 21 и 23 т. С увеличением расстояния транспортирования ВВ сменная производительность зарядной машины уменьшается.

Зарядные машины с управляемой пневмодиафрагмой производительнее чем машины типа СУЗН-5А на 40 %, а капитальные затраты на их приобретение меньше почти в 3 раза. Стоимость зарядания 1 т ВВ при применении зарядных машин диафрагменного типа на 26 % меньше стоимости зарядания машинами типа СУЗН-5А.

Кузов зарядной машины МЗ-12 выполнен из нержавеющей стали и состоит из двух изолированных один от другого бункеров.

Верхняя часть каждого бункера выполнена в виде усеченной четырехгранной пирамиды с углом наклона граней 65° и закрыта общей крышкой. Такая форма верхней части кузова обусловлена необходимостью увеличить коэффициент загрузки бункера до 0,85. В каждом бункере зарядной машины имеется по одному загрузочному проему диаметром 800 мм, которые закрываются крышками с резиновыми уплотнителями. Принятый диаметр удобен для ремонта бункера.

Зарядная машина МЗ-8 имеет один бункер длиной 3 м. Верхняя часть бункера также имеет форму усеченной пирамиды с углом наклона граней к горизонту 45°. В бункере два загрузочных проема, располо-

322

женные на расстоянии 1 м один от другого. Это позволяет довести коэффициент загрузки бункера до 0,9.

Передние и задние стенки данной части бункера имеют некоторую кривизну, что способствует интенсивному перемещению ВВ к разгрузочному проему. У машины МЗ-12 радиус кривизны равен 1400 мм, а у МЗ-8 — 1200 мм. Отсутствие резких изгибов улучшает условия работы пневмодиафрагмы внутри бункера.

В каждом бункере имеется разгрузочная воронка, которая располагается в его крайней левой части. При таком расположении разгрузочной воронки водитель машины без указания взрывника-оператора может устанавливать наклонный лоток в направлении устья скважины. Разгрузочный проем бункера выполнен в виде прямоугольного окна размерами 340х120 мм. Этот проем большей своей стороной размещается поперек оси бункера, чем обеспечивается нормальная работа отсекающего потока ВВ дозатора.

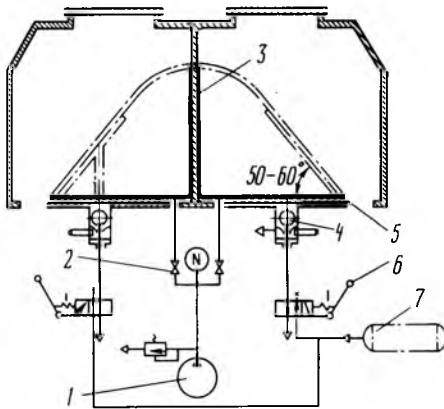
Внутри бункера имеется управляемая пневмодиафрагма с силовым направляющим полком, выполненная из эластичной прорезиненной ткани, позволяющей удалить заряды статического электричества. Пневмодиафрагма предназначена для перемещения ВВ на силовой направляющий полком, с помощью которого ВВ сбрасывается в разгрузочную воронку. В верхней части бункера пневмодиафрагма герметично закреплена по периметру его стенок на высоте 950 мм, а в нижней части — по контуру разгрузочной воронки. Оптимальная высота крепления пневмодиафрагмы установлена экспериментально. При этой высоте ВВ полностью выгружается из бункера, а силовой направляющий полком свободно поворачивается относительно оси шарнира на заданный угол.

Силовой направляющий полком представляет собой металлическую плиту прямоугольной формы шириной, равной ширине разгрузочной воронки бункера (500 мм). Длина полка, равная 1,5 м, выбрана из расчета нормального его поворота вокруг оси шарнира. Максимальный угол поворота полка принят равным 50° , т.е. больше угла естественного откоса гранулированных аммиачно-селитренных ВВ, чем обеспечивается нормальная выгрузка ВВ из бункера.

Из дозатора ВВ направляется по наклонному съемному лотку к скважине. Съемные лотки закрытого типа выполнены из листовой нержавеющей стали. Длина лотков определяется конструктивно и равна 950 мм. При этом вылет лотка за пределы габаритов зарядных машин составляет 500 мм, что обеспечивает сохранность устьевых скважин во время движения машин на заряженном блоке.

Пневмосистема (рис. 136) необходима для выработки сжатого воздуха (под давлением 20—30 кПа), подачи его по трубопроводу в полость, образованную между стенками бункера и самой пневмодиафрагмой, и выгрузки ВВ из бункера. Сжатый воздух, вырабатываемый нагнетателем 1, по трубопроводам через кран 2 направляется в указанную выше полость. Пневмодиафрагма 3, поднимаясь, сталкивает

Рис. 136. Пневмосистема зарядной машины МЗ-8



ВВ на силовой направляющий ползок 5. Последний, поворачиваясь вокруг оси шарнира, перемещает ВВ через разгрузочную воронку бункера в дозатор. При повороте полка на максимальный угол (60°) шток обратного клапана 4 замыкает контакты микровыключателя и на доске приборов у водителя машины загорается сигнальная лампа. После этого отключается привод нагнетателя.

Для полного выпуска сжатого воздуха из полости необходимо включить кран управления 6. При этом сжатый воздух от ресивера 7 поступает в мембранную полость обратного клапана 4 и открывает его (см. рис. 136). После выхода сжатого воздуха из полости пневмодиафрагма опускается и ложится на дно бункера. Давление сжатого воздуха в пневмосистеме контролируется по манометру.

На зарядной машине имеется пневмоочиститель для очистки бункера по окончании работы. Для этого в трубопровод пневмоочистителя от компрессора подается сжатый воздух под давлением 0,4–0,5 МПа. Производительность зарядных машин СУЗН-5А, в которых используются шнековые дозаторы, не превышает 280 кг/мин, что не удовлетворяет необходимым темпам подготовки массовых взрывов. ИГТМ АН УССР совместно с Кривбассвзрывпромом разработаны несколько новых типов рычажно-пружинных дозаторов, а также объемный дозатор повышенной производительности для зарядных машин с управляемыми пневмодиафрагмами.

Рычажно-пружинный дозатор, работающий на принципе весового дозирования, представляет собой корпус, разделенный перегородкой 2, продолжением которой в верхней части является отсекающий поток 3, закрепленный на валу и вращающийся вместе с ним на двух вынесенных подшипниковых опорах (рис. 137).

Каждая емкость снизу закрывается крышками 1 и 9, которые связаны между собой капроновым канатом, перекинутым через блок 6, посаженным неподвижно на валу отсекающего. В закрытом положении

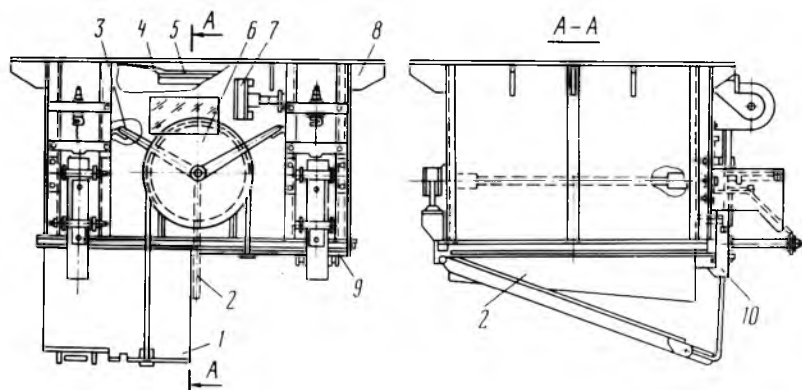


Рис. 137. Рычажно-пружинный дозатор

крышки удерживаются пружинными захватами 10 и 8, а в транспортном положении закрепляются откидными болтами. Приемная воронка 4 заканчивается прямоугольным отверстием, пропускная способность которого рассчитана на 600 кг/мин; отверстие перекрывается шиберной задвижкой 5 с фиксатором 7 (см. рис. 137).

При зарядании скважин работа дозатора осуществляется в следующей последовательности. Откидные болты отвинчиваются и крышки дозатора занимают исходное положение, при котором одна из крышек находится в открытом, а другая в закрытом положении, затем выдвигается шиберная задвижка бункера и поток ВВ из разгрузочной воронки через прямоугольное отверстие направляется отсекателем в одну из емкостей корпуса, например в левую. Достигнув массы дозы, на которую оттарирована пружина захвата, крышка отжимает последний и открывает емкость, при этом доза ВВ под собственным весом по наклонному желобу направляется в заряжаемую скважину. Одновременно с этим с помощью капронового каната, переброшенного через блок, закрывается крышка правой емкости, а отсекатель потока, повернувшись на угол 60° , направляет ВВ в первую емкость дозатора; цикл повторяется до полного зарядания скважины. Масса дозы регулируется пружинами захватов и изменяется в пределах 10–30 кг. Максимальная масса дозы определяется емкостью дозатора.

Одним из основных недостатков этого типа дозаторов является наличие открытых пружин, которые подвергаются случайным механическим, атмосферным и коррозионным воздействиям. В результате этого нарушаются тарировка пружинных захватов и погрешность доз.

Дозатор с муфтой предельного момента аналогичен рычажно-пружинному дозатору, однако конструктивно он несколько отличается (рис. 138). В частности, на валу 1 отсекателя потока ВВ имеется шариковая муфта предельного момента. Пружина 2 муфты тарируется

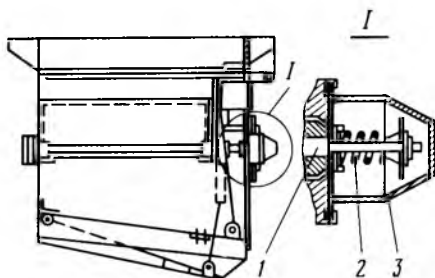


Рис. 138. Дозатор с муфтой предельного момента

на необходимую массу дозы ВВ, после чего закрывается предохранительной крышкой 3 и пломбируется. Погрешность дозирования колеблется в пределах 3—5 %.

Существенными недостатками обоих типов дозаторов являются их громоздкость, много вращающихся и движущихся деталей, что требует систематического осмотра, периодического тарирования и т.д.

Сравнительно простой конструкцией характеризуется дозатор, работающий на принципе циклического объемного взвешивания. Он представляет собой пустотелый, цилиндрической формы, съемный корпус диаметром 400 мм, изготовленный из листового алюминия. Емкость дозатора рассчитана на массу ВВ, равную 100 кг. На корпусе вдоль всей его длины имеется градуированное мерное стекло. Одним торцом дозатор прикрепляется к разгрузочной воронке бункера. Заканчивается дозатор выпускным окном, которое закрывается пневматической шиберной заслонкой. Шиберные заслонки открываются и закрываются с помощью сжатого воздуха, поступающего от нагнетателя.

Работа дозаторов циклического объемного взвешивания осуществляется в следующей последовательности. Корпус дозатора снимается с направляющих, удерживающих его в транспортном положении, и закрепляется у разгрузочной воронки с помощью откидных болтов. Затем открывается кран управления и сжатый воздух устремляется по шлангам в цилиндры шиберной заслонки дозатора и заслонки разгрузочной воронки бункера. При этом одновременно закрывается заслонка дозатора и открывается заслонка разгрузочной воронки бункера, в результате чего ВВ из бункера под собственным весом попадает в дозатор и заполняет его. В момент полного заполнения дозатора закрывается кран управления и с помощью сжатого воздуха одновременно закрывается шиберная заслонка разгрузочной воронки бункера и открывается заслонка дозатора. ВВ из дозатора устремляется в скважину, после чего цикл дозирования повторяется. В случае частичного заполнения дозатора отсчет заряжаемого ВВ ведется по градуированному стеклу. Точность дозирования в значительной степени зависит от влажности ВВ и колеблется в пределах 4—6 %.

Одним из недостатков такого типа дозаторов является их циклический

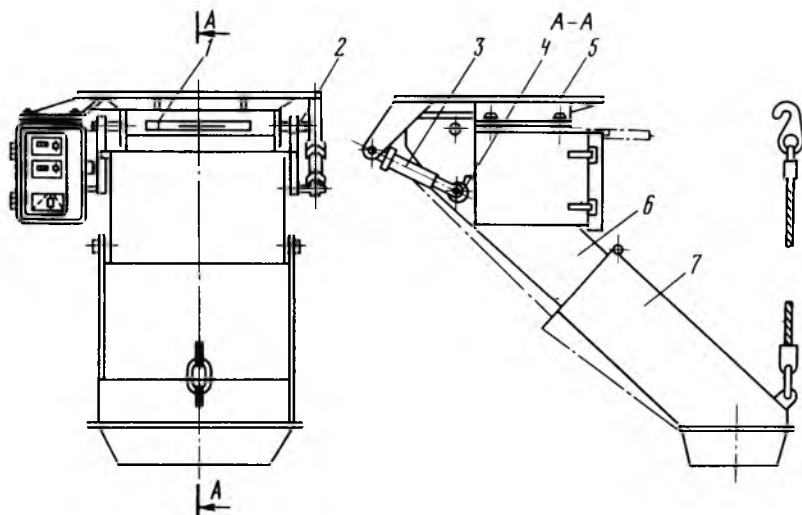


Рис. 139. Рычажно-пружинный дозатор с электронным преобразователем

ность работы, что ограничивает производительность зарядных машин (она не превышает 400 кг/мин).

Автоматизированный дозатор непрерывного действия представляет собой рычажно-пружинную уравновешенную систему с позиционным электронным преобразователем (рис. 139). Он состоит из следующих основных частей: приемной воронки 5, являющейся корпусом дозатора, шиберной задвижки 1, перекрывающей прямоугольное отверстие приемной воронки 6 и разгрузочного 7 лотков, связанных между собой шарнирно, качающейся каретки 2, двух регулируемых пружин 3 электронного преобразователя.

ВВ из бункеров поступает в приемную воронку дозатора. При этом, проходя через прямоугольное отверстие, перекрываемое шиберной задвижкой, ВВ попадает на приемный, а затем разгрузочный лоток. Крутящий момент, создаваемый массой потока движущегося ВВ на лотках, передается через качающуюся каретку 2 на регулируемые пружины 3 (см. рис. 139). Поворачиваясь на некоторый угол, качающаяся каретка воздействует на шток 4 и перемещает заслонку, которая, перекрывая щель, изменяет площадь светового потока, поступающего на фоторезистор. Последний находится в задающей цепи симметричного широкодиапазонного мультивибратора. Частота импульсов генераторов изменяется пропорционально массе потока ВВ, проходящего по лоткам 6 и 7. Импульсы подаются в счетный блок из двух быстродействующих импульсных счетчиков БИС-62, которыми учитывается расход ВВ для каждой скважины в отдельности и в целом машиной. Можно полагать, что дозатор непрерывного действия с позиционным электронным преоб-

разователем обеспечит высокую производительность зарядных машин (700 кг/мин и более).

Зарядные машины с пневматическими диафрагмами имеют ряд достоинств: они просты в исполнении, надежны в работе при любых температурах, их стоимость в 3 раза меньше машин МЗ-3, кроме того, они обеспечивают сравнительно высокую скорость зарядания.

К недостаткам их следует отнести необходимость наезда на каждую скважину и, кроме того, невысокую плотность укладываемого ВВ. Эффективность их применения для обводненных скважин снижается.

§ 139. Зарядно-транспортная машина "Зыряновск"

Зарядно-транспортная машина "Зыряновск", разработанная в КазПТИ, предназначена для зарядания гранулированных ВВ и игданитов.

В качестве транспортной базы зарядно-транспортной машины используется шасси автомобилей КраЗ-256Б или КраЗ-257 (рис. 140).

На шасси автомобиля устанавливается рама 2, на которой монтируется бункер 1 для ВВ, виброконвейер 5, дозатор 3, смесительное устройство 4, бак для дизельного топлива 9. Привод виброконвейера осуществляется от коробки отбора мощности через карданный вал 8, одноступенчатый конический редуктор 7 и клиноременную передачу 6, привод рабочих органов — от двигателя автомобиля (см. рис. 141).

Загруженные в бункер 1 ВВ виброконвейером 5 транспортируются к дозатору 3, откуда поступают в скважину. При зарядании скважин игданитом последний готовится непосредственно при выходе аммиачной селитры из машины, путем впрыскивания смесительным устройством 4 дизельного топлива в поток аммиачной селитры.

Бункер представляет собой сварную емкость, выполненную из листовой нержавеющей стали, с несущим каркасом из швеллеров и уголков. В верхней части бункер имеет четыре загрузочных люка. Над выпускной щелью бункера расположен защитный козырек, предназна-

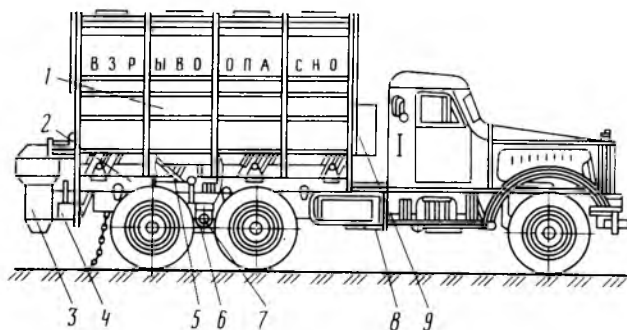


Рис. 140. Зарядно-транспортная машина "Зыряновск"

ченный для опускания ВВ на виброконвейер. Для выпуска ВВ из бункера последний снабжен выпускной точкой с шиберной заслонкой. Для герметизации бункера с виброконвейером выпускная щель по периметру обшивается прорезиненной лентой. Бункер устанавливается на раму лапами.

На раме установки монтируются все узлы зарядно-транспортной машины. Рама сварная и состоит из двух продольных швеллеров и десяти стоек, связанных сверху швеллерами. На уголках монтируются опорные кронштейны виброконвейера, а на поперечину устанавливается редуктор. Кронштейны применяются для крепления рамы к лонжеронам автомобиля.

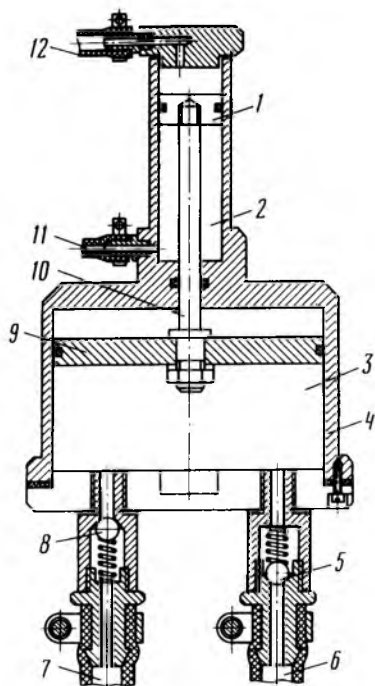
Уравновешенный виброконвейер, предназначенный для транспортирования ВВ из бункера в дозатор, состоит из вибrolотка и противомассы, соединенных между собой рычагами и рессорами. Система монтируется на кронштейнах. На противомассе укреплен эксцентриковый привод, связанный с вибrolотком посредством шатуна. Для уравновешивания присоединенной массы противомасса комплектуется съемными грузовыми балансами. Вибrolоток снабжен разрыхляющими и смешивающими элементами, предназначенными для приготовления смесей ВВ. Амплитуда колебаний вибrolотка 3 мм, угол вибрации 30° , угол наклона виброконвейера 3° , рабочая частота колебаний $900\text{--}1000\text{ мин}^{-1}$.

Конический, многоступенчатый редуктор предназначен для передачи крутящего момента от карданного вала к эксцентриковому приводу виброконвейера через клиноременную передачу. Редуктор состоит из литого корпуса, в котором смонтированы ведущий и ведомый валы. На ведомом валу установлен шкив.

Жалюзный дозатор предназначен для объемного дозирования ВВ при зарядании скважин и представляет собой прямоугольную камеру, ограниченную жалюзными затворами. На камеру дозатора в верхней части устанавливается накопительная воронка, а в нижней части — камера разгрузки. Верхние и нижние жалюзи соединены между собой системой рычагов таким образом, что при открытых верхних — нижние остаются закрытыми и наоборот, при открытых нижних — верхние закрыты. Жалюзи приводятся в движение пневмоцилиндром, питание которого сжатым воздухом осуществляется от пневмосети управления дозатором и шиберной заслонкой. Вместимость мерной камеры 50 дм^3 , производительность до 300 кг/мин , рабочее давление воздуха $0,6\text{ МПа}$, ход поршня пневмоцилиндра $150\text{--}200\text{ мм}$, диаметр поршня 45 мм .

Шиберный дозатор предназначен для объемного дозирования ВВ при зарядании скважин. Он состоит из емкости, ограниченной сверху и снизу шиберными задвижками, которые заблокированы таким образом, что если верхняя задвижка открыта, то нижняя закрыта и наоборот. Шиберные задвижки представляют собой решетки колосникового типа, на которых закреплены уголки. Сверху емкость имеет воронку-накопитель с козырьком, а снизу — направляющую воронку с точкой.

Рис. 141. Смесительное устройство шибберного дозатора



Привод дозатора составляют два пневмоцилиндра. Управление пневмоцилиндрами осуществляется посредством двухходового крана. Вместимость мерной камеры $55,5 \text{ дм}^3$, производительность до 500 кг/мин , рабочее давление воздуха $0,6 - 0,7 \text{ МПа}$, ход поршня пневмоцилиндра 40 мм , диаметр поршня 50 мм .

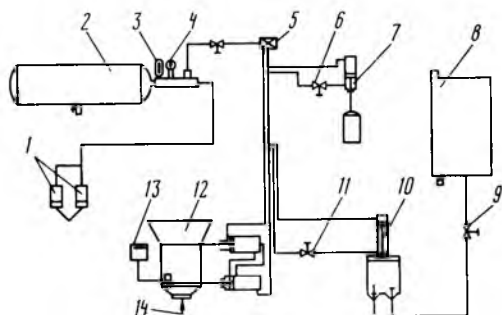
Счетный механизм предназначен для отсчета числа порций, выдаваемых объемным дозатором, и представляет собой электроимпульсный счетчик серии СЗИ-1 в комплекте с концевым выключателем ВКМ-ВЗГ. Счетчик работает от сети постоянного тока напряжением 24 В и позволяет выполнять 9999 импульсов. Специальное устройство позволяет сбрасывать показания счетчика до нуля.

Смесительное устройство представляет собой корпус 4 с двумя полостями 3 и 2, в которых монтируются соответственно поршни 1 и 9, связанные между собой штоком 10 (рис. 141). В нижней части полости 3 имеются два клапана 5 и 8, связанные трубопроводами 6 и 7 соответственно с баком дизельного топлива и блок-форсункой. К полости 2 подведены трубопроводы 11 и 12 сжатого воздуха. Смесительное устройство работает следующим образом.

При подаче сжатого воздуха в трубопровод 11 поршень 1 поднимается вверх и через клапан 5 поршнем 9 засасывает поступающее по трубопроводу 6 дизельное топливо в полость 3. Переключением крана давления воздух подается в трубопровод 12, поршень 1 совместно с поршнем 9 перемещается вниз, вытесняя находящееся в полости 3 дизельное топливо через клапан 8 в блок-форсунку. При этом клапан 5 запирается (см. рис. 141).

Система управления дозатором и смесительным устройством состоит из двух компрессоров 1, ресивера 2 вместимостью 74 л , оборудованного манометром 4, предохранительным клапаном 3 (отрегулированным на рабочее давление $0,6 \text{ МПа}$), крана управления 5 и запорных кранов 6 и 11 (рис. 142). Емкость 8 предназначена для дизельного топлива и связана трубопроводами со смесительным устройством 10. Блок-форсунка 14 используется для впрыска дозы дизельного топлива в ам-

Рис. 142. Система управления
циберным дозатором



миачную селитру и представляет собой полость конической формы с отверстиями диаметром 2–3 мм, расположенными по периметру форсунки. Кран 9 предназначен для перекрытия подачи дизельного топлива в систему.

При зарядании игданитом давление воздуха в ресивере 2 доводится до рабочего, после чего открывается кран 9 подачи дизельного топлива в смешительное устройство 10. Включается кран управления 5 и из емкости дозатора высыпается ВВ, а из полости дозирующего устройства через блок-форсунку 14 в поток ВВ впрыскивается под давлением дизельное топливо. Учет ВВ при зарядании ведется по числу доз, которые фиксируются счетным устройством 13 (см. рис. 142).

Зарядно-транспортная машина "Зырянговск" широко применяется на карьерах цветной металлургии Казахстана.

§ 140. Зарядная машина МДЗ-1М

Машина МДЗ-1М предназначена для доставки гранулированных ВВ, сухих акваторных смесей и гранулированной селитры до взрывных блоков на карьерах, перегрузки их в смешительно-зарядные машины при приготовлении водонаполненных ВВ, а также для зарядания скважин гранулированными ВВ и игданитами (рис. 143).

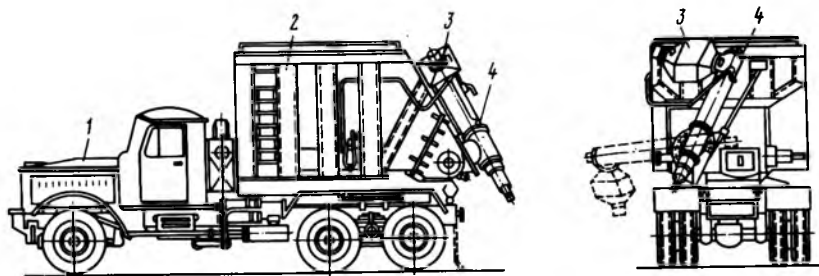


Рис. 143. Зарядно-доставочная машина МДЗ-1М

Технологическое оборудование машины смонтировано на шасси 1 автосамосвала КрАЗ и состоит из бункера 2 для ВВ с поворотным выгруженным шнеком 4 (второй шнек смонтирован внутри бункера), исключаяющим просыпь ВВ у скважины, и емкости для воды или дизельного топлива (для приготовления смеси). Шнек 4 оборудован объемным дозатором 3 вместимостью до 150 кг ВВ. Полная выгрузка ВВ обеспечивается подъемом бункера. Машина имеет грузоподъемность 10 т, производительность до 10 т/ч. Машина разработана Гипроникелем и изготовлена на его опытном заводе.

Глава XXII

УСТАНОВКИ ДЛЯ ВОДОНАПОЛНЕНИЯ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ

§ 141. Стационарные установки для водонаполнения взрывчатых веществ

Объемная концентрация энергии гранулированных ВВ (при постоянстве потенциальной энергии) ограничивается пределом уплотняемости ВВ при пневмомораживании.

Известно, что водо- и, особенно, растворонаполнение ВВ увеличивают их плотность. От плотности ВВ и его укладки в зарядной полости, наличия или отсутствия воздушных промежутков между частицами ВВ зависит плотность продуктов взрыва, а следовательно — скорость и давление детонации, критический диаметр, бризантность, а в ряде случаев и энергия взрыва.

ВНИИцветметом и Средазниипромцветметом совместно с Алмайтским ГМК создана простейшая по устройству стационарная установка для водонаполнения ВВ (акватола), включающего в себя твердые компоненты, в том числе и загуститель. На территории базисного склада располагались смесительная установка и вспомогательные объекты: котельная, насосная, компрессорная, очистные сооружения.

Предполагалось, что стационарная смесительная установка в комплексе с двумя транспортно-зарядными машинами обеспечит водонаполнение ВВ и зарядание ими скважин с высокой объемной концентрацией энергии и, следовательно, уменьшение трудовых затрат при зарядании скважин в 2—3 раза. При этом высокая объемная концентрация обуславливает в 1,4 раза уменьшение объема буровых работ.

И хотя данная установка широко не применяется, многие считают целесообразным водонаполнение ВВ на месте потребления. При годовом расходе предприятиями более 20 тыс. т ВВ необходимо применять стационарные комплексы (рис. 144).

В случае поступления аммиачной селитры в таре вагон подается на прирельсовый склад приемного пункта, мешки укладываются на поддоны и аккумуляторными погрузчиками доставляются к растарива-

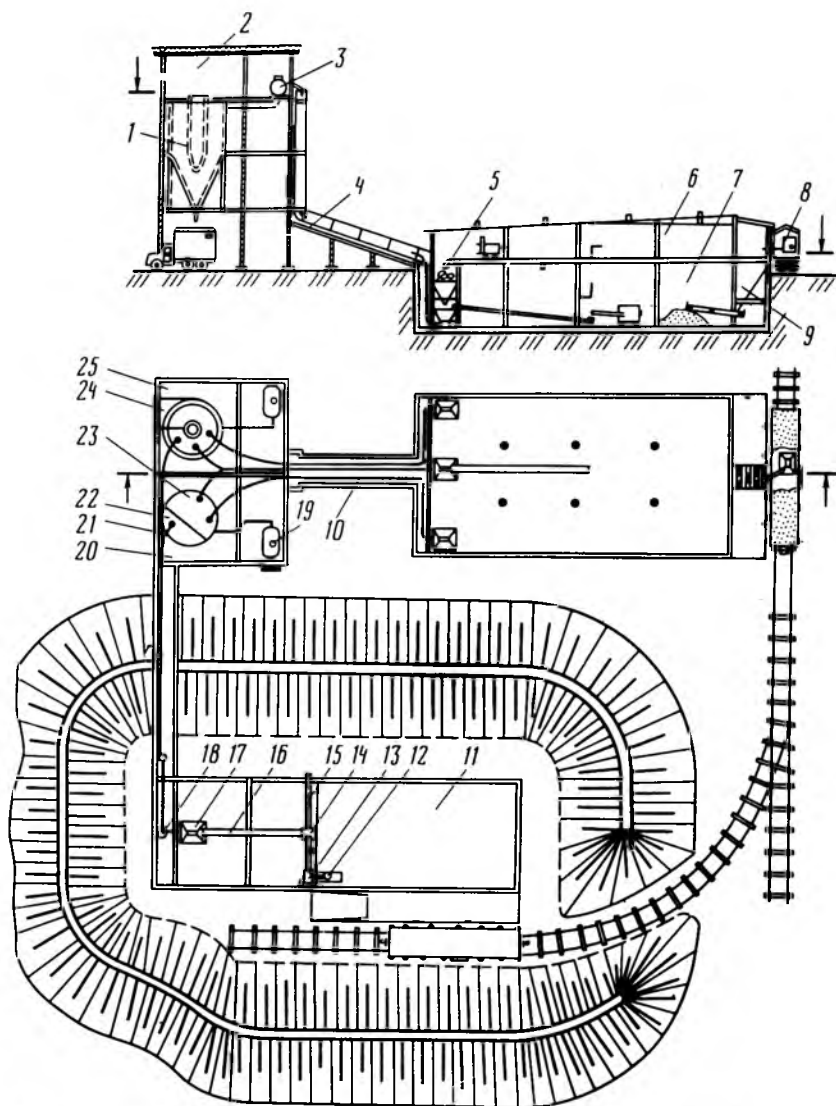


Рис. 144. Схема работы стационарного комплекса за пределами карьера

ющей установке 5 или хранятся во временном складе 6. По мере необходимости аммиачная селитра подается на пункт 2.

В случае поступления аммиачной селитры россыпью из вагонов 8 с помощью машины МВС-4 ее выгружают в промежуточный бункер 9. Машина МВС-4 представляет собой дистанционно управляемую эле-

ваторно-конвейерную машину на гусеничном ходу, оборудованную специальным шнековым разрыхлителем для сильно слежавшейся селитры.

Из промежуточного приемного бункера аммиачная селитра поступает на систему ленточных конвейеров и с их помощью складывается во временный склад 7, откуда на пункт приготовления ВВ 2 транспортируется по трубопроводу 10, расположенному в галерее 4.

Пункт 2 имеет отделение 25 для водонаполнения ВВ и отделение 20 для подготовки игданита и граммонитов необходимого состава.

В отделении 25 установлена емкость 3 для воды. К бункеру 1 подведен паропровод 24. Емкость 19 для дизельного топлива установлена в отдельном помещении. В отделении 20 емкость разделяется на две части, в одной из которых 22 размещается тротил, в другой 23 — аммиачная селитра.

Для кратковременного хранения тротила в комплексе предусматривается строительство склада 11. Мешки с тротилом аккумуляторными погрузчиками 12 доставляются к растаривающей установке 13. После растаривания по системе ленточных конвейеров 15 и 16 тротил поступает в пункт погрузки 14 и в бункер транспортно-доставочной машины 17, а затем, по мере надобности, пневмотранспортом доставляется в емкость 22 (см. рис. 144).

Для предотвращения передачи детонации при возникновении случайного взрыва на трубопроводе 21 устранены кольца — узлы безопасности 18. Вагон с ВВ является временным складом.

§ 142. Комбинированные схемы водонаполнения взрывчатых веществ

При комбинированных схемах предусматриваются стационарный пункт приготовления раствора аммиачной селитры, смесительно-зарядные машины, машина для доставки окислителя.

На карьере "Медвежий ручей" Норильского ГМК создан комплекс для водонаполнения ВВ и заряжания скважин.

В комплекс входят стационарный пункт приготовления раствора аммиачной селитры (рис. 145), пункт растаривания и механизированной загрузки гранулированного тротила в смесительно-зарядную машину, машина для доставки раствора аммиачной селитры.

Аммиачная селитра к стационарному пункту подается железнодорожным транспортом. Из вагонов 10 мешки передвижным конвейером подаются в помещения пункта, где штабелируются на поддоны 9. В помещении мешки с селитрой перегружаются на конвейер 8 и доставляются на стол 7 для растаривания. Со стола селитра поступает в дробилку 6, затем на конвейер 5 и в кубели 4, подаваемые на вибропитатель 2, затем в бак 3 для приготовления раствора. В этот же бак из емкости 1 поступает вода (10—15 % массы селитры). На стационарной установке готовится раствор аммиачной селитры.

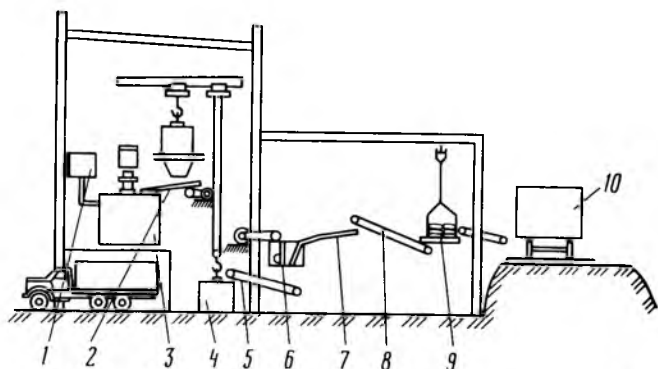


Рис. 145. Схема приготовления горячего раствора аммиачной селитры

Бак для приготовления горячего раствора селитры оборудован меевником, по которому циркулирует пар, пропеллерной мешалкой и датчиком температуры. Вода в бак подается через расходомер. Концентрацию раствора на пункте контролируют по его плотности денсиметром. Пункт обслуживают три человека. На этом же комплексе имеется пункт растаривания с механизированной загрузкой тротила и граммонитов.

В состав комплекса для транспортирования компонентов водосодержащих ВВ входят две транспортно-зарядные машины — одна для перевозки горячего раствора селитры, другая для перевозки тротила и загустителя и смешивания компонентов ВВ.

Насыщенный раствор аммиачной селитры загружается в бак машины по доставке раствора (рис. 146).

На карьере раствор из бака 1 перекачивается в смесительную камеру 6 смесительно-зарядной машины, в которую через дозатор 2 по вибротолкатель 3 подается гранулол или алюмотол из бункеров 4 и загуститель из емкости 5 (см. рис. 146). Обслуживают машину водитель и оператор.

Приготовленная смесь подается по шлангу 7 в скважину. По окончании работ по заряданию выполняется промывка магистрали. По мере остывания горячего ВВ селитра кристаллизуется и масса в скважине твердеет.

Производительность комплекса определяется длительностью приготовления раствора селитры на стационарном пункте и организацией работ. Производительность комплекса 2,5 т/ч.

Рассмотренный комплекс машин позволяет повысить производительность труда основного и вспомогательного персонала в 5—10 раз, уменьшить стоимость буровзрывных работ в 1,3—1,5 раза.

Комплекс пригоден и при использовании ифзанита. При этом к устью скважины по одному рукаву от доставочной машины подает-

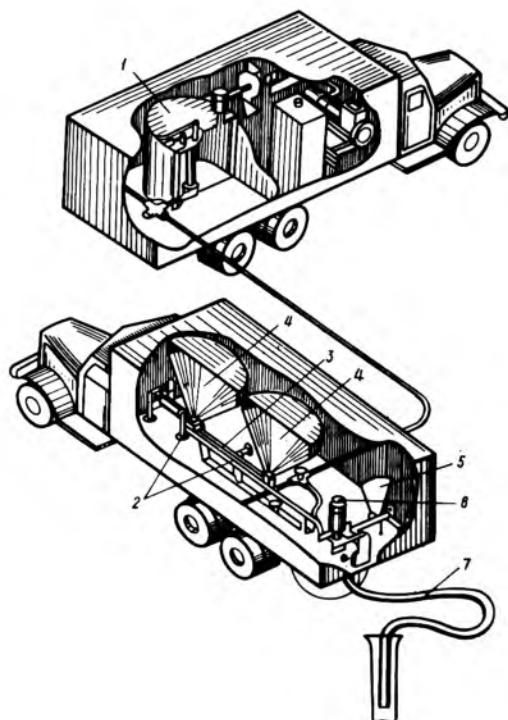


Рис. 146. Машины для доставки горячего раствора аммиачной селитры (а) и зарядки водосодержащими ВВ (б)

ся раствор аммиачной селитры, по другому — сухая смесь тротила с селитрой. Сухая смесь поступает из смесительно-зарядной машины, в данном случае выполняющей функцию транспортно-доставочной. Смешивание и растворозаполнение межгранульного пространства происходит при доставке компонентов и зарядании. При этом затруднено получение однородной по составу массы ВВ, кроме того невозможно зарядание обводненных скважин.

В НИПИГормаше разработан зарядно-смесительный комплекс, который состоит из нагревательно-смесительной установки НСУ-1 для приготовления насыщенного аммиачной селитрой раствора и смесительно-зарядной машины МЗ-3В для транспортирования составных компонентов водосодержащих ВВ, их смешивания и зарядания скважин.

Насыщенный раствор аммиачной селитры приготавливается на установке с аэродинамическим подогревом. Теплоносителем является воздух, перемещаемый вентилятором в замкнутом цикле — по трубам внутри емкости для раствора аммиачной селитры и между стенками этой же емкости и наружной теплоизоляционной оболочкой. Во-

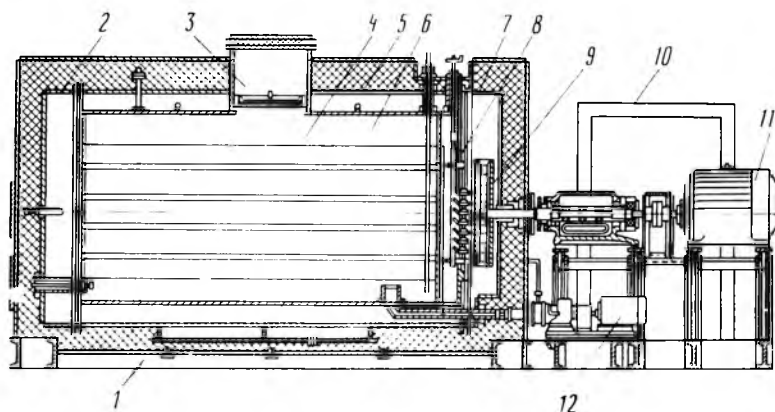


Рис. 147. Нагревательная система НСУ-1

здух при перемещении в замкнутом пространстве разогревается и передает тепло раствору аммиачной селитры.

Нагревательная система НСУ-1 представляет собой теплообменный агрегат (рис. 147). На раме 1 смонтирован цилиндрический корпус 5 с передней 7 и задней 2 крышками, теплоизолированный слоем стекловаты. Внутри кожуха размещается емкость 6 для приготовления раствора окислителя с загрузочным люком 3 и системой труб 4. Между передней крышкой 7 и торцом емкости 6 установлены регулятор мощности 8 и роторный нагреватель 9. Ротор приводится во вращение электродвигателем 11. Аппаратура управления смонтирована на пульте 10. Для приготовления раствора аммиачной селитры включают электродвигатель 11, в емкость 6 подают в соответствующей пропорции окислитель и воздух и включают насос 12 (см. рис. 147).

Контроль за температурой теплоносителя и раствора окислителя осуществляется термометрами. Производительность установки 2—2,5 т/ч.

При достижении заданной температуры установка автоматически отключается и раствор перекачивается насосом 12 в цистерну смесительно-зарядной машины МЗ-ЗВ. Соотношение твердой и жидкой фаз в скважине должно соответствовать полному заполнению межгранульного пространства раствором, поэтому надобность в загущении водосодержащих ВВ при зарядании сухих скважин отпадает.

Для обводненных скважин требуются загуститель и структурообразующая добавка (сшивающий агент). Эти добавки вводят в раствор селитры или в смесительную камеру зарядной машины МЗ-ЗВ.

Смесительно-зарядная машина МЗ-ЗВ смонтирована на шасси автомобиля КрАЗ-266Б (рис. 148). На раме 1 смонтированы цистерна 2 для раствора окислителя, двухсекционный бункер 3 для твердых компонентов, смесительная камера 4, шланговый барабан 5 и шнек 6.

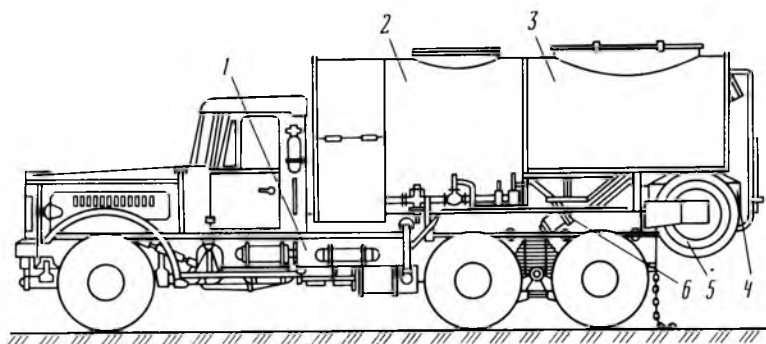


Рис. 148. Смесительно-зарядная машина МЗ-3В

Вместимость цистерны для раствора и двухсекционного бункера составляет соответственно 4 и 5,5 м³.

За кабиной автомобиля установлены маслonaсос и компрессор, привод которых осуществляется от коробки отбора мощности двигателя. Пульт управления расположен справа от смесительной камеры.

Бункер машины загружается аммиачной селитрой и тротилом, а цистерна заполняется раствором окислителя. Сухие компоненты из бункера шнеками подаются в смесительную камеру, куда одновременно из цистерны поступает раствор окислителя. Подача раствора аммиачной селитры и готовой смеси в скважину выполняется с помощью сжатого воздуха.

Таким образом, последовательность работы комплекса следующая: бак для приготовления раствора аммиачной селитры заливают водой и включают электронагреватели; воду нагревают, после чего в бак для раствора загружают селитру и включают насосы для циркуляции раствора и теплоносителя. Аммиачная селитра полностью растворяется, после чего раствор доводят до необходимой температуры и перекачивают в бункер машины МЗ-3В, который загружают тротилом. Соотношение жидкого и твердого компонентов регулируется в мерно-смесительной камере. При этом должен быть выдержан тепловой режим работы зарядных установок и составлять 60 °С. При меньшей температуре происходит кристаллизация раствора аммиачной селитры. Образующиеся при этом микрорекристаллы препятствуют прохождению по зарядному рукаву крупнозернистых фракций сухих компонентов и обуславливают возникновение пробок.

Рассмотренные выше схемы комплексной механизации взрывных работ испытаны на Соколовско-Сарбайском, Качканарском, Михайловском ГОКах, на угольных разрезах Кузбасса, разрезах Челябинского и Черемховского угольных бассейнов, известняковых карьерах Южного Урала.

Преимуществом ифзанитов перед заводскими ВВ являются их повышенная плотность и более высокая концентрация энергии в заряде ВВ.

§ 143. Передвижение установки для водонаполнения взрывчатых веществ

Согласно унифицированной классификации зарядные машины подразделяются на два типа (МЗ и МЗ-В) для заряжания соответственно гранулированных и водосодержащих ВВ. Однако они не приспособлены для полного цикла водонаполнения ВВ и во многих случаях лишь выполняют функцию смесительно-зарядной машины.

В отечественной практике имеется несколько типов установок, созданных для водонаполнения ВВ непосредственно на месте проведения взрыва.

В Гипроникеле были созданы установки "Акватол-1", "Акватол-2", и в настоящее время прошла промышленные испытания смесительно-зарядная установка "Акватол-1У" (рис. 149), предназначенная для доставки, водонаполнения и заряжания скважин взрывчатыми веществами (горячелюющими, ифзанитами, акваталами и карбаталами).

Техническая характеристика установки "Акватол-1У"

Производительность установки, работающей совместно с МДЗ-1, т/смену, не более	30
База машины	КрАЗ-256Б
Грузоподъемность по ВВ, т	10
Вместимость бункера для горячего раствора аммиачной селитры, м ³	8
Вместимость смесителя-дозатора, м ³	0,6
Подача насоса для закачки горячелюющих ВВ в скважину, кг/мин	1000
Масса машины, т:	
без груза	13,5
с грузом ВВ	23,5
Основные размеры машины, мм	8100х2620х3200

Обслуживают "Акватол-1У" два человека. Машина состоит из бункера-смесителя с приводом, смесителя-дозатора, насоса для подачи ВВ, барабана для намотки и извлечения зарядного шланга. Бункер-смеситель представляет собой сварную емкость с двойными стенками (рубашкой) для воды, системой подвода пара, двух валов с лопатками и винтовыми лентами. Имеются загрузочные люки и разгрузочные отверстия бункера снабжения винтовыми затворами.

Смеситель-дозатор представляет собой сварную емкость с термоизоляцией, в которой установлены насос с двумя дисками для перемешивания, а также винтовой затвор. В бункер заливается горячий раствор окислителя. Сухие компоненты ВВ загружаются через загрузочные

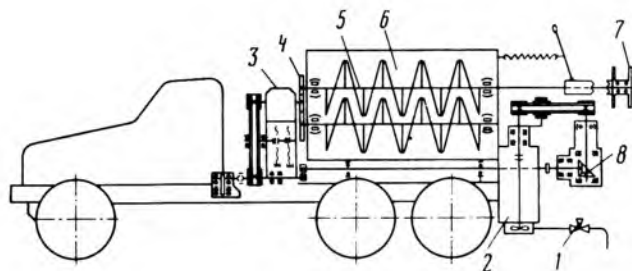


Рис. 149. Установка "Акватол-1У":

1 — кран управления; 2 — смеситель-дозатор; 3 — редуктор отбора мощности; 4 — шестерни; 5 — вал; 6 — бункер-смеситель; 7 — барабан для шланга; 8 — редуктор смесителя

люки. После перемешивания через открытые винтовые затворы ВВ заливаются в смеситель-дозатор. Заряжание скважин осуществляется через зарядный рукав.

Частота вращения валов смесителя и рабочего колеса насоса при зарядании контролируется приборами, указателями оборотов, установленными на передней панели кабины автомобиля. Контроль температуры горячего раствора окислителя или ВВ в бункере-смесителе и дозаторе выполняется с помощью манометрических термометров, встроенных в емкости, и указателей температуры, смонтированных на передней панели.

Дозировка ВВ при зарядании осуществляется с помощью мерного стекла по мере выгрузки из смесителя-дозатора.

Температурный режим смеси ВВ поддерживается паром, периодически подаваемым в водяную рубашку бункера.

При больших объемах зарядания установка используется в комплексе с доставочными машинами для сухих компонентов.

По окончании зарядания скважин горячая вода из рубашки подогрева используется для удаления остатков ВВ из бункера-смесителя и смесителя-дозатора.

На некоторых карьерах применяют отдельный метод зарядания скважины составными частями ифзанита и смешивают их при зарядании. Михайловским ГОКом совместно с НИИКМА на базе зарядной машины МЗ-3 разработана установка для смешивания компонентов ифзанита при зарядании, которая состоит из зарядной машины и узла циркулирующего растворагревателя, выполненного в виде герметически закрываемого теплоизоляционного бака вместимостью 2,2 м³. Общая мощность электронагревателей — 98 кВт. Раствор аммиачной селитры в системе циркулирует с помощью насоса при подаче 5 м³/ч.

Растворагреватель выполнен отдельно от зарядной машины и смонтирован на раме одноосного прицепа, транспортируется зарядной машиной. Подача раствора аммиачной селитры регулируется со-

зданием избыточного давления в баке с помощью сжатого воздуха, поступающего из пневмосистемы зарядной машины через регулятор давления.

При зарядании сухих скважин твердые компоненты смешиваются с горячим раствором, подаваемым растворонагревателем по отдельному шлангу. Возможно также раздельное зарядание скважины, когда вначале засыпают твердые компоненты, а затем заливают горячий раствор аммиачной селитры.

Предложена схема использования автосамосвалов с легкими бункерами и пневмодозаторами МПД-2. По производительности, трудоемкости и по капитальным затратам эта схема достаточно эффективна.

Транспортно-зарядная машина "Универсал" предназначена для транспортирования ВВ к заряжаемым объектам, дозированного зарядания скважин гранулированными, простейшими и водосодержащими ВВ при смешивании их с жидкими добавками при зарядании скважин. Машина оборудована объемными, горизонтальными бункерами с перегородками от переуплотнения материала. Способ загрузки — вакуумный и нагревательный; способ разгрузки — самотечный и пневмотранспортный с дозировкой.

В кузове автосамосвала с помощью кронштейнов и болтов установлены два съемных закрытых бункера, загружаемые ВВ на базисном складе. Бункера оборудованы загрузочными люками с патрубками для подвода смеси и сброса отработанного воздуха.

На участке зарядания скважин кузов автосамосвала устанавливают наклонно, а тчки бункеров соединяют с пневмодозатором поочередно. После открывания шибера пневмодозатор с помощью сжатого воздуха подает в скважину по зарядному трубопроводу сухое ВВ, по трубопроводу — жидкий компонент.

Смешивание жидкого компонента окислителя с ВВ происходит в специальном смесителе. При зарядании шланг зарядного трубопровода для обеспечения высокой плотности укладки ВВ опускается в скважину и выдается по мере ее заполнения с помощью специального устройства.

Для устранения залипания транспортного трубопровода сухой компонент ВВ и жидкость должны подаваться по разным шлангам до смесителя, установленного перед зарядной трубой.

Сухие скважины можно заряжать водосодержащими ВВ при установке зарядной трубы в устье скважины, а обводненные при опускании под воду до забоя скважины.

Крепление бункеров в кузове автосамосвала — быстросъемное, они монтируются только на период выполнения массовых взрывов. В остальное время самосвалы, являющиеся базой для зарядного оборудования, используются по прямому назначению.

Зарядной машиной ЗМ-1 можно заряжать скважины водонаполненными ВВ на карьерах небольшой производственной мощности, а так-

же готовить их при зарядании. Машина ЗМ-1, оборудованная на базе зарядной машины МЗС-1М, установлена на раме автомобиля МАЗ-500 и состоит из подъемного гидравлического крана, бункера для рассыпания ВВ, бака для жидких компонентов, контейнера и пневмодозатора МПД-2. Разгрузочное окно бункера имеет шибер. Управление дозатором и гидронасосом выполняется с помощью кранов.

Сухую смесь транспортируют по зарядному трубопроводу, подачу жидкости — по шлангу. Сухие компоненты с жидкостью в заданной пропорции смешиваются в смесителе и в зарядной трубе. Для питания дозатора МПД-2 сжатым воздухом применяется поршневой компрессор КТ-6.

Производительность зарядных машин ЗМ-1 достигает 500 кг/мин, плотность зарядания гранулитами до 1,15, акватолом до 1,4 г/см³.

Наличие трубопровода длиной 80 м позволяет заряжать скважины подготовленного к взрыву блока с одного места стоянки машины.

Недостатки машины те же, что для машин с перемешиванием компонентов ВВ в устье скважины.

Глава XXIII

МАШИНЫ ДЛЯ ЗАБОЙКИ И ОСУШЕНИЯ СКВАЖИН

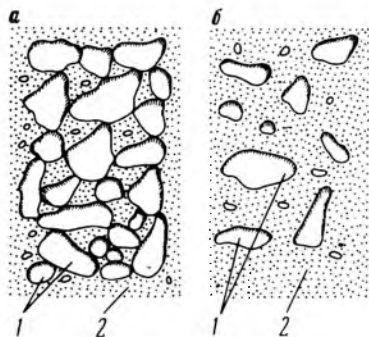
§ 144. Физико-механические свойства забойки и ее влияние на качество взрыва

Забойка способствует увеличению длительности действия продуктов детонации на зарядную полость. При наличии забойки вторичные реакции в продуктах детонации протекают полнее, особенно в крупнодисперсных ВВ, что способствует уменьшению количества образующихся ядовитых газов. При отсутствии забойки или плохом ее качестве увеличивается разлет кусков породы, расширяются границы опасной зоны.

Качество забойки зависит от применяемого забоечного материала. Используемый на открытых горных разработках забоечный материал из глины, песка, супесей, бурового шлама и отходов обогатительных фабрик имеет существенные недостатки. Прежде всего требуется выполнение большого объема забоечных работ, так как величина забойки в скважинах достигает 5–6 м. Из-за малого коэффициента сцепления и внутреннего трения, а также небольшой плотности забойка из перечисленных материалов не обеспечивает надежного запираания продуктов взрыва в скважине.

Основными требованиями, предъявляемыми к забоечным материалам, являются: их низкая стоимость, обеспечение эффективности взрыва, удобство в обращении и возможность механизации работ по выполнению забойки.

Рис. 150. Структура забойки при содержании крупной фракции до 60 (а) и 20 % (б)



В настоящее время применяют забойку из сыпучих материалов, а также из воды с желатинизаторами. Вода в качестве забойки применяется только в обводненных условиях при сравнительно высоком уровне ее в скважинах.

В зарубежной практике часто используется специальная гелевая забойка (желатинообразная), состоящая из 95 % воды и 5 % органических веществ, а также из растворов быстротвердеющих вяжущих веществ.

Материал забойки должен характеризоваться большим коэффициентом трения, большой массой и прочностью, т.е. достаточной сопротивляемостью сдвигу. Забоячный материал из буровой мелочи, глины, песка и отсева обогатительных фабрик не всегда удовлетворяет этим требованиям, так как имеет низкую сопротивляемость сдвигу, малый коэффициент внутреннего трения и малое сцепление между частицами.

Крупнозернистая забойка способна оказать сравнительно большое сопротивление сдвигу. Эффективность такой забойки объясняют тем, что более крупные частицы 1 образуют довольно прочный каркас (рис. 150). Мелкие фракции 2 находятся во внутренних полосах. Такая конструкция может воспринимать значительную нагрузку без особого уплотнения. Нарушение структуры крупных частиц ведет к передаче нагрузки на мелкие.

Иначе ведет себя конструкция с отдельными крупными включениями в мелкозернистой среде. Она легко изменяется под воздействием взрывной нагрузки и не имеет большой сопротивляемости сдвигу.

Сопротивляемость сдвигу неоднородной среды зависит от содержания в ней мелких фракций типа щебня (6 %). При содержании в песке 60 % сравнительно крупных фракций сопротивляемость сдвигу наибольшая. Коэффициент внутреннего трения с возрастанием содержания крупных частиц увеличивается.

Применение сравнительно тяжелой крупнозернистой забойки (смесь 60 % гранитного щебня фракции 20–25 мм с отсеком обогатительных фабрик или буровой мелочью) уменьшило выход негабарита. При использовании буровой мелочи в качестве забойки на Ждановском гра-

нитном карьере выход негабаритных фракций (+700 мм) составил около 21 %, в то время как в этих же условиях крупнозернистая забойка снизила выход негабарита до 14 %.

Аналогичные исследования проводились и по определению оптимальной длины забойки, которая для крупнозернистого материала при диаметре скважин 200–250 мм в породах с $f = 12 \div 16$ и высоте уступа $H = 12 \div 15$ м находится в пределах 2–3 м.

§ 145. Машины для забойки скважин

Забойка скважин занимает значительное время, существенно увеличивая сроки подготовки массовых взрывов и связанные с этим простои оборудования. Для повышения эффективности взрывных работ созданы различные забоечные машины и агрегаты, основными из которых являются ЗС, СУЗН-1В, ЗС-1Б, ЗС-2.

Забоечная машина ЗС (рис. 151, а) конструкции Гипроуглеавтоматизации состоит из бункера 1 вместимостью 5 м³, скребкового конвейера 2, трансмиссии, погрузочного устройства и системы обогрева стенок бункера.

Продольные стенки бункера выполнены двойными. Выхлопные газы автомобиля, обогревающие стенки бункера, подводятся к его стенкам по трубам 10, что предотвращает зависание и налипание забоечного материала. К корпусу бункера приделан короб, в котором установлены приводной вал и червячный редуктор 3. К нижней части короба прикреплен разгрузочная воронка 4.

Рабочим органом является скребковый конвейер, рабочая ветвь которого движется по бункеру, а холостая — под бункером. Скорость движения цепи 4,37 м/мин. Пружинный амортизатор 9 предназначен для предупреждения повреждения цепи и для натяжения ее. Конвейер приводится в движение специальной трансмиссией от двигателя автомобиля через коробку отбора мощности 11, систему карданных валов 7 и 8, промежуточный редуктор 6 и червячный редуктор 3 с предохранительной фрикционной муфтой 5.

Подъемный гидрокран 13 используется для загрузки машины забоечным материалом. На стреле крана подвешен гидравлический грейфер 12 вместимостью 0,3 м³ (см. рис. 151, а).

Машина ЗС заменяет четырех человек, занятых на забойке скважин. Около 30 % времени работы ЗС приходится на забойку скважин и маневры и около 70 % — на транспортирование забоечного материала.

Забоечная машина СУЗН-1В конструкции НИПИГормаша смонтирована на базе автомобиля МАЗ-503Б, предназначена для транспортирования забоечного материала и механической подачи его в скважины (рис. 151, б).

На шасси автомобиля установлена рама, на которой смонтированы бункер 14 вместимостью 4,3 м³, механизм отбора мощности 19, про-

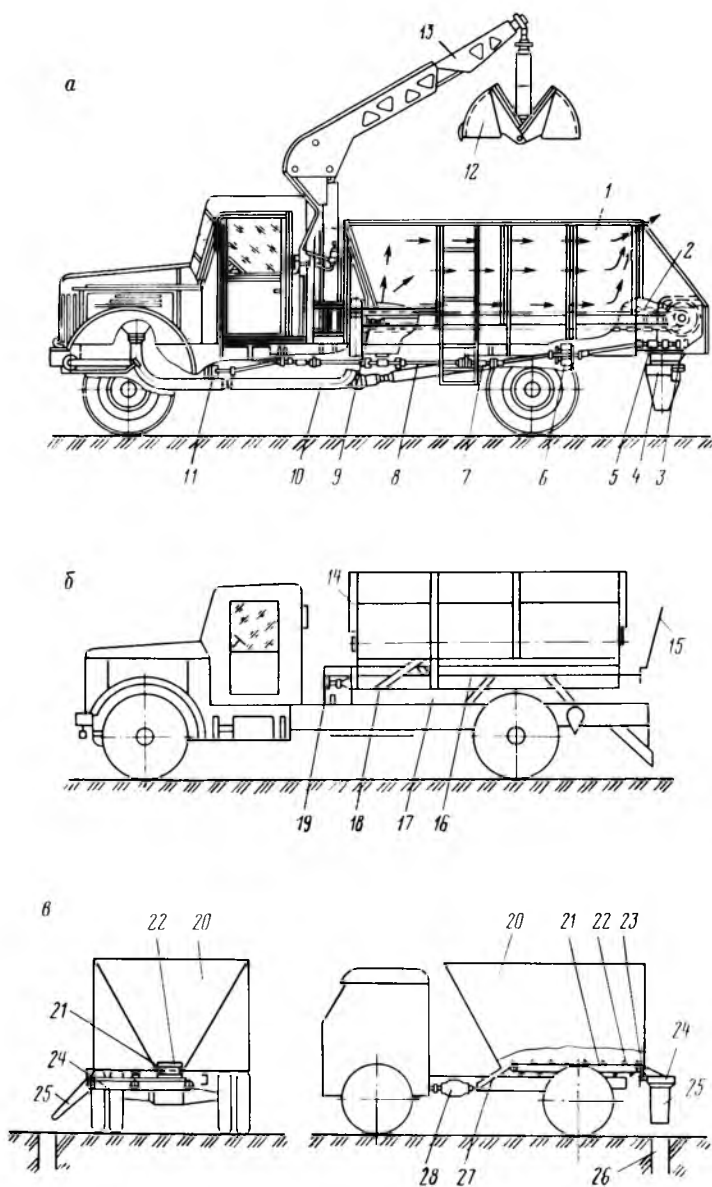


Рис. 151. Заблочные машины

дольный шнек 17. Вращение шнеку передается от двигателя через коробку передач и узел отбора мощности.

Глушитель машины оборудован специальным искрогасителем. Для предупреждения забивки шнека забоечными материалами предусмотрено регулирующее устройство, состоящее из штурвала 15, продольной тяги 16, рычагов 18 и клапанов (см. рис. 151, б).

Дном бункера и одновременно конвейером, подающим забоечный материал из бункера в скважину, является виброднище.

Наиболее рационально забойку скважин выполнять вдоль ряда. Такая схема передвижения позволяет значительно сократить время на маневры. Машины наиболее эффективны при расстоянии транспортирования забоечного материала до 3 км.

Машины СУЗН-1В на карьерах комбината Ураласбест повысили производительность труда рабочих на забойке скважин в 3 раза, снизили стоимость забоечных работ в 2,4 раза и дали годовую экономию около 15—20 тыс. руб.

Однако отсутствие боковой загрузки материала из бункера затрудняет установку разгрузочного лотка над устьем скважины.

Забоечная машина ЗС-1Б смонтирована на базе автомобиля типа МАЗ-509 и состоит из бункера 20 вместимостью 5 м³, конвейера 21 со скребками 22 (рис. 151, в). В конце бункера укреплен конусная воронка 25 для направления забоечного материала с ленточного конвейера 24 в скважину 26. Рабочая ветвь скребкового конвейера 21 движется по дну бункера, а холостая 23 — под его дном. В качестве привода скребкового конвейера используются коробка отбора мощности 28 и система карданных валов 27.

Достоинством конструкции ЗС-1Б является устройство, позволяющее использовать выхлопные газы автомобиля для обогрева бункера, что предотвращает налипание, намерзание и зависание забоечного материала в бункере. Забоечная машина загружается экскаватором.

В 1970 г. в Кривбассвзрывпроме были проведены сравнительные испытания забоечных машин ЗС-1Б и СУЗН-1В, различающихся между собой способом подачи забоечного материала в скважину: ЗС-1Б — скребковым конвейером, СУЗН-1В — виброконвейером. Производительность забоечной машины СУЗН-1В на 20—30 % ниже, чем машины ЗС-1Б. При ее работе возникают вибрации, превышающие допустимые нормы, поэтому на карьерах Кривбасса машины СУЗН-1В не применяются.

При модернизации машины ЗС-1Б применен ленточный конвейер для боковой разгрузки забоечного материала. Длина конвейера 1620 мм, ширина ленты 360 мм. Конвейер приводится в движение карданным валом от коробки отбора мощности.

Применение ленточного конвейера боковой разгрузки забоечного материала обеспечивает высокое качество забойки скважин, увеличивает производительность машины более чем на 15 %, позволяет водителю машины вести наблюдение за процессом забойки скважин. Это усовер-

шенствование способствовало широкому внедрению забоечных машин ЗС-1Б на карьерах Кривбасса.

Аналогичные мероприятия по модернизации забоечных машин ЗС-1Б проводятся и на других горнодобывающих предприятиях страны. В частности, конвейерами боковой разгрузки в настоящее время оснащены все забоечные машины на карьерах Соколовско-Сарбайского ГОКа.

В НИПИГормаше разработана, а Карпинским машиностроительным заводом изготовлена забоечная машина ЗС-2М грузоподъемностью 11 т, предназначенная для транспортирования забоечного материала и механизированной его подачи в скважину.

Принцип работы машин ЗС-2М и ЗС-1М аналогичен, но в первой имеются два рабочих органа (гидравлические), каждый из которых работает автономно и состоит из бункера, донного скребкового конвейера, расположенного перпендикулярно к продольной оси автомобиля с разгрузочными лотками в зоне видимости оператора. Базой машин ЗС-1М и ЗС-2М являются соответственно автомобили МАЗ-5549 и КраЗ-256Б1. Выхлопными газами автомобилей обогреваются стенки бункеров, что предотвращает намерзание к ним забоечного материала при минусовых температурах.

§ 146. Машины для осушения скважин

Для высокого качества взрывных работ необходимо хорошо очистить скважину перед заряджанием.

Агрегат для осушения и очистки от бурового шлама обводненных взрывных скважин на карьерах работает следующим образом (рис. 152, а). Гидрокраном-стрелой обсадная труба 1 опускается в устье скважины, а погружное устройство на воздушном шланге 3 — на ее дно с помощью троса 2. По воздушному шлангу подается сжатый воздух и одновременно вращением барабана погружное устройство (трубчатый стержень с эластичными манжетами) поднимается к устью скважины, вытесняя в бункер 4 воду и шлам. Осушение скважин производится на глубину до 30 м с производительностью до 1500 л/мин.

Машина МО-1 (рис. 152, б) предназначена для удаления воды из взрывных скважин с любой степенью обводненности на открытых горных работах смесью сжатого воздуха с пенообразующим веществом воздуха (сульфанолам).

На раме автомобиля МАЗ-509А смонтировано навесное оборудование, в которое входят: компрессорная станция 8 типа ДК-9М, бак 9 для водного раствора сульфанола, барабан 6 типа "беличье колесо" с гидроприводом, осушающий шланг 7. Водоотводящее устройство 5 устанавливают на устье, а шланг с насадкой на конце — опускают на дно скважины. Через шланг смесь сжатого воздуха с раствором сульфанола подают на дно скважины, где образуется пеновоздушный поршень,

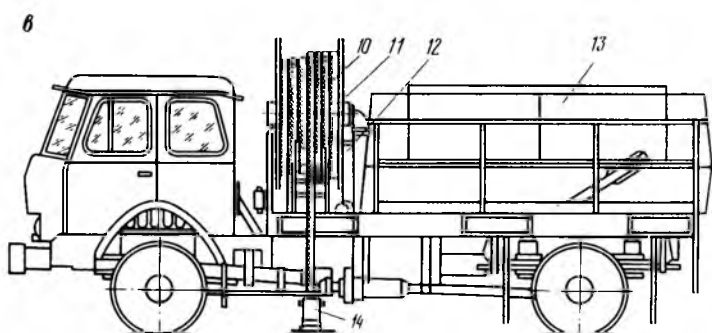
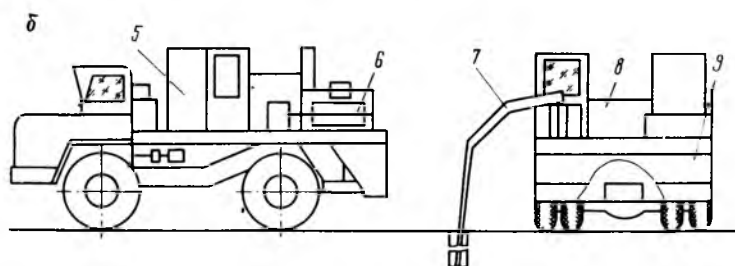
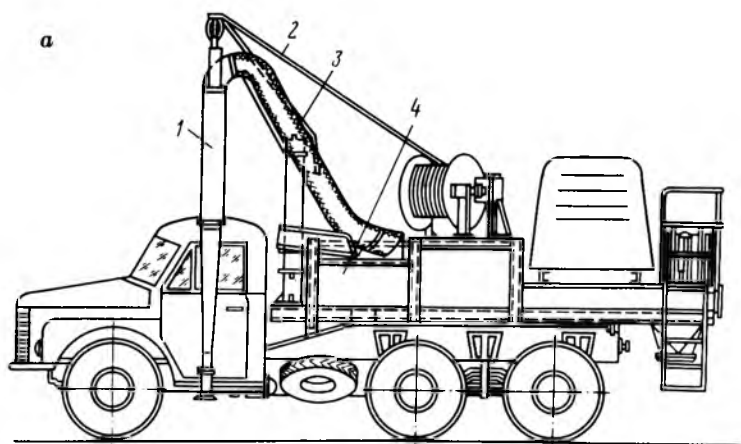


Рис. 152. Машины для осушения скважин

который под действием увеличенного потока сжатого воздуха выталкивает воду из скважины. Осушение скважин производится на глубину до 23 м. В смену можно осушить до 240 скважин.

Машина конструкции НИИКМА (рис. 152, в) предназначена для осушения взрывных скважин любой степени обводненности на открытых горных работах.

Для осушения определенный объем водного раствора пенообразующего вещества сжатым воздухом подается по рукаву на дно скважины. По мере прохождения смеси раствора и воздуха через насадку образуется большое количество пены, которая закупоривает все трещины в скважине и ограничивает проход воздуха через столб воды в скважине. Сжатый воздух, подаваемый через насадку в скважину, действуя пеной как поршнем, выдавливает воду из скважины, а затем выгоняет и часть пены.

Основными узлами машины являются компрессор 13, бак 12 под пенообразующее вещество (рабочий компонент — алкилсульфат натрия), барабан 11, рукав 10 подачи пенообразующего вещества и воздуха, кабина с пультом управления, дозатор 14 (поршневой регулируемый), которые смонтированы на шасси автомобиля БелАЗ-540А (см. рис. 152, в). Осушение скважин производится на глубину до 49 м. В смену можно осушить до 150 скважин.

Установка УОС-250 используется для откачки воды из обводненных взрывных скважин перед их заряданием. Она состоит из платформы, барабана с рукавами и погружным центробежным насосом (рабочий орган), отклоняющего барабана, блока питания и управления, панели управления, дополнительного ресивера с пневмомагистралью, которые предназначены для продувки водяного трубопровода сжатым воздухом при работе в условиях отрицательных температур.

Установка работает следующим образом. В осушаемую скважину помещают обсадную воронку, предупреждающую вывалы кусков породы из верхнего разрушенного слоя скважины и заклинивание погружного насоса. Затем в скважину опускают висящий на рукаве погружной насос, включается в работу гидромотор типа Г15-23Н с приводом от коробки отбора мощности двигателя автомобиля. Барабан для опускания и подъема насоса приводится в действие гидромотором типа Г16-12. Через левую полость вала барабана к насосу подводится рабочая жидкость, через правую часть отводится отсасываемая из скважины вода. Откачка воды производится на глубину до 25 м. Производительность установки составляет до 250 л/мин.

ОРГАНИЗАЦИЯ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ НА КАРЬЕРАХ

§ 147. Особенности организации взрывных работ на современных карьерах

За последние годы на карьерах изменилась организация взрывных работ. Это связано с тем, что предприятиям выгодно одновременно проводить крупные массовые взрывы, так как это снижает простои карьеров. Крупные массовые взрывы на современных карьерах проводятся 3—4 раза в месяц, а на крупных карьерах 1—2 раза в месяц.

С другой стороны, на крупных предприятиях созданы самостоятельные подразделения по ведению взрывных работ, которые обслуживают несколько карьеров. Эти подразделения оснащены современными машинами и механизмами и способны при высокой производительности труда вести взрывные работы с высоким качеством. Так, на созданном Минчерметом СССР предприятии "Кривбассвзрывпром" годовой объем взорванной горной массы на одного взрывника составляет 700 тыс. м³, уровень механизации при зарядании скважин 93 %, забойки 75 %, погрузочно-разгрузочных работ на складах ВМ — 75 %.

В этих условиях организация взрывных работ имеет следующие особенности.

Составляется график массовых взрывов. В соответствии с этим графиком составляется график завозки и зарядания скважин. Под график завозки ВМ составляется график выхода на работу взрывников.

§ 148. Получение разрешения на ведение взрывных работ

Разрешение на право производства взрывных работ хранение, приобретение и перевозку ВМ предприятие получает в соответствии с Инструкцией о порядке хранения, использования и учета взрывчатых материалов и Инструкцией о порядке получения разрешения на право производства взрывных работ, а также свидетельством на приобретение взрывчатых материалов, имеющихся в Единых правилах безопасности при взрывных работах.

В соответствии с изложенными выше инструкциями для ведения взрывных работ составляется проект массового взрыва. Проект массового взрыва составляется техническим и маркшейдерским отделами и утверждается главным инженером предприятия.

§ 149. Подбор персонала для ведения взрывных работ

Персонал для ведения взрывных работ подразделяется на персонал, имеющий право руководить взрывными работами, и персонал, имеющий право выполнять взрывные работы.

К руководству взрывными работами допускаются лица, имеющие законченное горнотехническое образование или окончившие специальные учебные заведения или курсы, дающие право технического руководства горными или взрывными работами. Эти лица, кроме соответствующего диплома или удостоверения, должны иметь Единую книжку взрывника (мастера-взрывника).

Взрывные работы могут выполнять только лица, сдавшие экзамены квалификационной комиссии и имеющие Единую книжку взрывника (мастера-взрывника). К производству взрывными работами на земной поверхности допускаются взрывники не моложе 19 лет, имеющие образование не ниже семи классов и стаж работы не менее одного года. Взрывник и мастер-взрывник, работающие на карьере, систематически раз в два года проходят медицинское освидетельствование.

Каждые два года взрывник (мастер-взрывник) должен проходить переподготовку и проверку знаний в комиссии предприятия, председателем которой назначается работник госгортехнадзора.

Взрывник (мастер-взрывник) допускается к механизированному заряджанию после дополнительного обучения по соответствующим программам, сдачи экзаменов в установленном порядке и внесения специальной записи в Единую книжку взрывника.

Взрывнику на руки выдается Единая книжка взрывника с талонами № 1, 2 и 3, удостоверяющими право на производство взрывных работ. За нарушение требований Единых правил безопасности при взрывных работах у взрывника (мастера-взрывника) отбирается и погашается талон № 1, при повторном нарушении талон № 2, а если же взрывник продолжает нарушать правила безопасности, то у него вместе с талоном № 3 отбирается на три месяца Единая книжка взрывника.

Заведующими складами взрывчатых веществ назначаются лица, имеющие право руководства взрывными работами, а также лица, окончившие вузы и техникумы по соответствующей специальности.

Взрывники самостоятельно могут производить взрывные работы по наряд-путевкам только при методах шпуровых зарядов, котловых зарядов в шпурах, малокамерных и наружных зарядов.

При применении методов скважинных зарядов, камерных зарядов на рыхление и выброс взрывники должны работать только под непосредственным руководством инженера или техника, имеющего право руководить такими работами.

§ 150. Паспорт буровзрывных работ и диспозиция массового взрыва

Взрывные работы на открытых разработках могут выполняться только при наличии паспорта буровзрывных работ, который утверждает начальник или главный инженер предприятия (комбината, рудоуправления).

Паспорт является основным документом ведения буровзрывных работ на все время действия забоя. Паспорта буровзрывных работ составляются на основании опытных данных. В него включаются: краткие горно-геологические сведения, метод взрывных работ, наименование ВВ и средств инициирования, схема взрывной сети, параметры расположения скважин (шпуров), величина удельного расхода ВВ и т.д.

Паспорт буровзрывных работ состоит из текста и графического материала. Паспорт приведен ниже.

Документом, определяющим организацию работ по доставке, заряджанию и проведению массового взрыва, является диспозиция. Для примера приведена диспозиция ЮГОКа. На горнорудных предприятиях Кривбасса для организации и проведения массового взрыва пользуются диспозицией, в которую включают не только организационные мероприятия, но и инженерно-технические расчеты.

Инженерно-технические расчеты могут быть выполнены в проекте взрыва, в этом случае в диспозиции на основе проектных данных разрабатывается только организация работ по проведению взрыва.

Диспозиция взрыва включает: кальку-схему фактических отметок участка взрыва и взрывных скважин с их истинными номерами, геологическими разрезами и указанием категории пород по буримости и взрываемости, а также схему взрывной сети и расстановки замедлителей; полную геологическую и горно-геологическую характеристику участка взрыва; паспорт параметров взрыва и технико-экономические показатели последнего; перечень мероприятий по безопасности ведения взрыва, ответственных лиц, установление границ и участков оцепления, времени взрыва и подачи сигналов; мероприятий по обнаружению и ликвидации отказов и т.п.

§ 151. Маркшейдерское обслуживание взрывных работ на карьерах

В связи с тем, что по данным маркшейдерской службы обычно рассчитывают большую часть основных параметров, влияющих на эффективность буровзрывных работ и определяющих качество взрывов (взаимное расположение скважин, расстояние скважин от верхней бровки уступа, значение л.н.с. или с.п.п., величину перебуров, массу зарядов ВВ и т.д.), что дает возможность устанавливать рациональные их значения для каждого карьера и взрыва, маркшейдерское обслуживание взрывных работ приобретает большое значение.

Работы по подготовке и производству массовых взрывов организуются в несколько этапов. К подготовительному этапу относится составление проекта массового взрыва. При этом в техническом отделе

карьера с общего плана горных работ делается выкопировка блока намечаемого к взрыву, на которой в геолого-маркшейдерском отделе наносят верхние и нижние отметки уступа, а также категории пород по буримости и взрываемости.

На эту же выкопировку наносят взрывные скважины с принятыми для данных условий параметрами расположения сетки скважин и глубины перебуров. По скважинам первого ряда, а иногда по отдельным скважинам в геолого-маркшейдерском отделе составляются профили с указанием геологических особенностей уступа и мощности напластования отдельных пачек руд и пород, что является основой для расчета зарядов в скважинах, общей массы ВВ на взрыв, величины перебуров, для выбора рациональной конструкции зарядов и т.д.

При расчете параметры a , W , H принимают с плана взрыва, а удельный расход ВВ в зависимости от физико-механических свойств разрушаемых взрывом пород — на базе фактического расхода ВВ за длительный период работы карьера.

Начальник буровзрывного участка или смены совместно с маркшейдером и техническим руководителем карьера переносят скважины в натуру (инструментальным путем или рулеткой), отмечая места расположения их на местности колышками и принимая определенные расстояния скважин от верхней бровки уступа.

На каждом колышке указаны номер скважины и ее проектная глубина, что является основанием для работы машиниста бурового станка по обурированию блока.

После окончания бурения скважин маркшейдер делает повторную съемку участка, намеченного к взрыву, и определяет фактические расстояния между скважинами, сопротивление по подошве уступа и глубину скважин. Если фактические данные отличаются от проектных, производят перерасчет величины зарядов в скважинах (корректируют проект взрыва).

После взрыва производят горизонтальную съемку, пополняют первоначальные профили и по ним определяют объем фактически взорванной горной массы, который корректируют в процессе ее отгрузки повагонным учетом и при окончательной уборке взорванной горной массы — маркшейдерскими измерениями. Помимо того, маркшейдерская служба определяет величину и угол развала, линию откоса, коэффициент рыхления горной массы.

В результате маркшейдерских измерений определяют технико-экономические показатели взрыва: выход горной массы с 1 м скважины, удельный расход ВВ, выход горной массы с 1 м фронта работ, а также качество проработки подошвы уступа и др.

Учет буровзрывных работ и их конечных результатов целесообразно сосредоточить в специальных книгах учета (книга проектных глубин скважин; книга учета буровых работ, потерь при бурении и взрывных работах, книга учета остатков обуренной и взорванной массы; книга учета добычи горной массы и руды по взрывам).

§ 152. Общие сведения о подготовке и производстве массового взрыва

Каждому массовому взрыву на открытых горных работах предшествует составление организационно-календарного плана. В содержание плана входит график организации и последовательности выполнения отдельных операций на участке взрыва.

В настоящее время при производстве массовых взрывов на карьерах одновременно взрывают до 1000 т ВВ и отбивают до 2,5 млн. т горной массы. Подготовка таких взрывов длится несколько дней и требует строгого соблюдения Единых правил безопасности при взрывных работах. Заряжание скважин на блоках,готавливаемых к взрыву, длится три-четыре дня.

При заряжании скважин необходимо предварительно определить конструкцию заряда исходя из горно-геологических условий и обеспечения равномерного дробления породы. Сравнительно простой является сплошная конструкция заряда, более сложной — рассредоточенная (инертной забойкой или воздушным промежутком), на создание которой требуется больше времени. Обязательным условием при заряжании скважин и выборе типа ВВ является наличие сведений по обводненности скважин на блоке. Если возможно, воду удаляют (откачивают) из скважины перед заряжением, в противном случае применяют водоустойчивые ВВ.

Взрывную сеть монтируют после окончания всех работ по заряжанию и забойке скважин и ухода подсобных рабочих из опасной зоны. Концы ДШ, идущие из скважин, присоединяют к магистральной линии, а затем устанавливают пиротехнические детонационные реле КЗДШ-69 согласно схеме соединения зарядов и расставляют замедления по диспозиции взрыва. После завершения монтажа взрывник и руководитель взрыва еще раз проверяют правильность монтажа от конца сети до точки инициирования, а затем подсоединяют в месте инициирования капсулы-детонаторы или ЭД.

При взрывании сети из ДШ огнем способом взрывник после подачи боевого сигнала зажигает контрольную и зажигательную трубки и уходит в укрытие.

При взрывании сети из ДШ с помощью ЭД после боевого сигнала ток подается от взрывной машинки.

§ 153. Техника безопасности при взрывных работах

Вопросы техники безопасности при ведении взрывных работ строго регламентируются Едиными правилами безопасности при взрывных работах.

Перед началом взрывных работ должны быть установлены границы опасной зоны. Эти границы оцепляются красными флажками

и сторожевыми постами. Охрана из лиц вахтерской службы или хорошо проинструктированных рабочих организуется так, чтобы все пути людей и животных в опасную зону (дороги, подходы, тропы, выработки) были под постоянным наблюдением постов, а каждый пост находился в поле зрения смежных постов.

При каждом массовом взрыве должны устанавливаться посты военизированной горноспасательной части (ВГСЧ), которые контролируют содержание ядовитых продуктов взрыва в карьерах. Число постов ВГСЧ определяется командиром ВГСЧ и главным инженером карьера.

Допуск постов ВГСЧ в зону сцепления производится не ранее чем через 15 мин после проведения взрыва. Допуск рабочих в карьер разрешается после снижения содержания вредных примесей в воздухе до установленных норм, но не ранее чем через 30 мин после проведения взрыва, рассеивания пылевого облака и полного восстановления видимости в карьере.

При проведении взрывных работ необходимо применять звуковые и световые сигналы, хорошо слышимые (или видимые) на границах опасной зоны и известные рабочим. Звуковые сигналы подаются в следующем порядке.

Первый сигнал — предупредительный (один продолжительный), по которому все лица, не занятые взрыванием, удаляются за пределы опасной зоны, а взрывники приступают к заряданию.

Второй сигнал — боевой (два продолжительных) подаются после того, как лицо, ответственное за проведение взрыва, убедится в том, что все люди, не участвующие в подготовке взрыва, находятся в безопасном месте.

Затем взрывники зажигают огнепроводные шнуры и удаляются в укрытие или за пределы опасной зоны, а при электрическом взрывании включают ток.

Третий сигнал — отбой (три коротких) — подается после окончания взрывания и осмотра взрывником места взрыва, если он установит, что все заряды взорвались.

При взрывании камерных, скважинных и котловых зарядов, когда на зарядание требуется длительное время, разрешается не выводить всех не связанных с производством этих работ лиц из пределов опасной зоны до начала укладки боевиков в заряды, а при бескапсюльном взрывании (с помощью ДШ) — до начала монтажа взрывной сети, если эти лица находятся в радиусе не менее 50 м от ближайшего заряда в случае применения только ВВ II группы.

При обнаружении отказа (или при подозрении на него) на открытых горных работах взрывник должен немедленно выставить отличительный знак у невзорвавшегося заряда и уведомить об этом руководителя взрывных работ или заменяющее его лицо сменного технического надзора.

В местах отказов запрещаются какие-либо работы, не связанные с

их ликвидацией. Каждый отказ после окончания смены должен быть записан в Журнал для записи отказов при взрывных работах и времени их ликвидации.

Для ликвидации отказавших скважинных зарядов применяют следующие методы.

Повторное взрывание, если в скважине остались один или оба конца ДШ, идущие к боевикам. Причина такого отказа может быть в нарушении сети ДШ из-за неисправного соединения или его внутренних дефектов. Инициирование концов ДШ, выходящих из скважины, обычно производится тем же способом, что и при проведении основного взрыва. Если в устье скважины не сохранились детонирующие шнуры, идущие к боевикам, то применяется метод разборки породы в месте нахождения заряда и его извлечения или вымывания из скважин.

Если заряд был выполнен из промышленных ВВ (гранулиты, граммамониты, гранулотол, алюмотол, водосодержащие ВВ), т.е. когда в составе ВВ нет таких компонентов, как гексоген или нитрозефир, а заряды иницировались ДШ и в нем отсутствует капсюль-детонатор или ЭД, то разборку породы можно производить экскаватором.

Для взрывания отказавшей скважины на расстоянии не менее 3 м пробуривают дополнительную скважину. Массу заряда в этой скважине устанавливает руководитель взрывных работ. После выполнения всех подготовительных работ ее взрывают.

Отказавшие шпуровые заряды разрешается ликвидировать взрыванием зарядов во вспомогательных шпурах, пробуренных параллельно отказавшим на расстоянии не ближе 30 см — при методе шпуровых зарядов и 50 см — при методе котловых зарядов. Обнаруженные концы проводов ЭД, идущие из шпура, должны быть немедленно замкнуты. Число вспомогательных шпуров и места их заложения должны намечаться лицом технического надзора или мастером-взрывником, причем для установления направления таких шпуров разрешается вынимать из отказавшего шпура забоечный материал на длину до 20 см от его устья.

После взрыва заряда, предназначенного для ликвидации отказа, взрывник (мастер-взрывник) обязан тщательно осмотреть взорванную массу и собрать остатки обнаруженных ВМ отказавшего заряда, а также произвести их ликвидацию. Только после этого рабочие могут быть допущены в забой.

Если работы по ликвидации отказа не закончены в течение данной смены, то продолжение их может быть поручено взрывнику следующей смены с соответствующей записью в его наряде-путевке. Допуск остальных рабочих может быть разрешен начальником смены, в которую ликвидируются отказы.

Паспорт буровзрывных работ для рыхления пород на карьере

рудоуправление (комбинат)

1. Участок № _____
(наименование участка)
2. Место работы _____
(название или № уступа, забоя)
3. Характеристика взрывааемых пород _____
(название, коэффициент
крепости, плотность, обводненность и т.д.)
4. Метод взрывных работ _____
5. Характеристика взрываемого уступа _____
(вертикальная высота, угол
откоса, падение пластов и т.д.)
6. Сведения о взрыве (см. обратную сторону паспорта) _____
7. Расчет потребности забоечного материала _____
8. Схема расположения зарядов:
 - а) план _____
 - б) профиль _____
9. Схема соединения зарядов и расстановки замедлений _____
10. Расчет взрывной сети _____
11. Радиус опасной зоны, м:
 - а) для людей _____
 - б) для механизмов _____
12. Посты сцепления:
 1. _____
 2. _____
13. Места укрытия для взрывников _____
14. Время проведения взрывных работ _____
15. Сигнализация _____

Паспорт составил _____
(должность, подпись)

Сведения о взрыве

Утверждаю

Гл. инженер рудника _____

Дата взрыва _____ гор. _____ маркшейдерские оси _____

№ п/п	Высота уступа, м	Сопротивление по подш-ве уступа, м	Расстояние между скважи-нами в ряду, м	Глубина скважины, м	Перебур, м	Высота столба воды в скважине, м	Масса заряда, кг		Длина забойки, м	Объем взорванной горной массы, м ³	Удельный расход ВВ, кг/м ³	Выход горной массы с 1 м скважины, м ³	Интервал замедления	Примечание
							основного	дополнитель-ного						
							расчетная	фактическая						
							фактическая	расчетная						

Начальник технодела рудника _____

Маркшейдер участка _____

Начальник буровзрывных работ _____

Геолог участка _____

Согласовано: с РГТИ " " 199 г.

Согласовано:
Главный инженер управления

Утверждаю:
Главный инженер комбината

" " 199 г.

" " 199 г.

Диспозиция

к взрыву скважин на гор. _____
в маркшейдерских осях карьера горнообогатительного комбината

Раздел I. Проект

1. Взрыв произвести в дневное время " " 199 г.
в _____ ч _____ мин.
2. Зарядка скважин производится с _____ по _____ 199 г.
3. Величина заряда на 1 м скважины _____ кг _____
4. Общее расчетное количество на взрыв ВВ составляет _____ кг.
В том числе: аммонита _____ кг
тротила _____ кг
граммонита _____ кг
5. Средства инициирования: огнепроводный шнур _____ м
детонирующий шнур _____ м
капсули-детонаторы _____ шт.
электродетонаторы _____ шт.
замедлители _____ шт.
6. Наименование, масса и число промежуточных детонаторов _____

7. Общее число взрывааемых скважин _____ шт.
8. Общая глубина взрывааемых скважин _____ м
9. Средняя глубина взрывааемых скважин _____ м
10. Удельный расход ВВ (расчетный) _____ кг/м³
11. Выход горной массы с 1 м скважин _____ м³
12. Объем взрывааемой породы _____ м³
13. Взрывание _____
(наименование способа)
с интервалами замедления _____
(число ступеней)
замедления _____
14. Замедление осуществляется _____

15. Опасная зона при зарядании скважин — 50 м
16. Максимальная масса в одной ступени замедления _____ кг
17. Опасная зона по разлету породы _____, действию воздушной волны _____, вредному сейсмическому действию _____
18. Дублирование взрывной сети _____
19. Охраняемые объекты _____ (расположение) _____ от места взрыва, м)
20. Организация охраны границы опасной зоны взрыва _____ ч
_____ мин 19 г. выставить _____
_____ постов охраны с красными флажками _____
- а) какие посты оборудуются надежными укрытиями для лиц охраны _____
- б) схема расположения постов охраны опасной зоны прилагается к диспозиции.
21. Сигналы подаются в установленном порядке звуковой сиреной.
Значение сигналов, время и порядок подачи сигналов прилагается к диспозиции.

Раздел II. Ответственные лица

1. Ответственным руководителем взрыва назначить _____
ему подчиняются все лица, связанные с производством взрыва
2. Ответственным за выход людей из опасной зоны взрыва и охрану границ опасной зоны взрыва назначить _____
3. Ответственным за удаление оборудования и механизмов из опасной зоны взрыва назначить _____
4. Ответственным за вывод внутрикарьерного транспорта из опасной зоны взрыва назначить _____
5. Ответственным за отключение электролинии, удаление в безопасное место электроаппаратуры перед взрывом, а также проверку и включение электролиний после взрыва назначить _____
6. Ответственным за доставку ВМ со склада к месту взрыва назначить _____
7. Ответственным за освещение блоков назначить _____
8. Подачу звуковых сигналов производить только по команде ответственного за взрыв _____

9. Контроль за выполнением настоящей диспозиции возложить на _____

Раздел III. Охрана ВМ на блоках и карьере

1. Доставленные ВМ на карьер и заряженные скважины на блоках экскаваторов
_____ гор. _____

в дневное и ночное время с момента заезда ВМ до проведения взрыва охраняются
вооруженной охраной согласно дислокации постов, утвержденной на комбинате:

блок экскаватора № _____ гор. _____ пост № _____

блок экскаватора № _____ гор. _____ пост № _____

блок экскаватора № _____ гор. _____ пост № _____

Организация охраны и контроль за ее осуществлением возлагается на командира
вооруженной охраны _____

Раздел IV

Знакомство с диспозицией ответственных лиц подтверждается личной подписью

1. Ответственный руководитель взрыва _____

2. Ответственный за вывод людей из опасной зоны взрыва _____

3. Ответственный за отключение электроэнергии _____

4. Ответственный за освещение блоков _____

5. Ответственный за вывод внутрикарьерного транспорта из опасной зоны взрыва

6. Ответственный за подачу звуковых сигналов _____

7. Ответственный за охрану границ опасной зоны взрыва _____

8. Ответственный за контроль по выполнению диспозиции _____

9. Ответственный за организацию и контроль вооруженной охраны в карьере

Диспозицию составил

_____ (подпись)

__ __ 19 __ г.

Диспозицию проверил

_____ (подпись)

__ __ 19 __ г.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Друкованый М.Ф. Ильин В.И., Ефремов Э.И. Буровзрывные работы на карьерах. М., Недра, 1977.
2. Дубнов Л.В., Бахаревич Н.С., Романов А.Т. Промышленные взрывчатые вещества, М., Недра, 1988.
3. Единые правила безопасности при взрывных работах. М., Недра, 1976.
4. Механизация взрывных работ / М.Ф. Друкованый, Э.И. Ефремов, Н.М. Бондаренко и др. М., Недра, 1984.
5. Справочник взрывника/Под ред. Б.Н. Кутузова. М., Недра, 1988.
6. Нормативный справочник по буровзрывным работам/Ф.А. Авдеев, В.П. Барон, Н.В. Гуров и др. М., Недра, 1986.
7. Иванов К.И., Латышев В.А., Андреев В.Д. Техника бурения. М., Недра, 1987.
8. Кук М.А. Наука о промышленных взрывчатых веществах. М., Недра, 1980.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Раздел I. Основные сведения о горных породах.	3
Глава I. Основные сведения о свойствах горных пород.	3
§1. Физические свойства горных пород	3
§2. Механические свойства горных пород	4
§3. Горнотехнологические характеристики и классификация горных пород	7
Раздел II. Буровые работы	19
Глава II. Общие сведения о буровых работах	19
§4. Назначение буровых работ	19
§5. Классификация способов бурения шпуров и скважин	20
Глава III. Вращательное (шнековое) бурение скважин.	23
§6. Общие сведения о станках вращательного бурения	23
§7. Разрушение пород при вращательном бурении	23
§8. Технические характеристики и конструктивные особенности станков	24
§9. Буровой инструмент	28
§10. Эксплуатация, уход за станками и режимы работы буровых станков	30
Глава IV. Бурение скважин станками шарошечного бурения	31
§11. Общие сведения о станках шарошечного бурения	31
§12. Разрушение пород шарошечными долотами	42
§13. Технические характеристики и конструктивные особенности станков	34
§14. Буровой став с наддолотным амортизатором	44
§15. Шарошечные долота и их устройство	46
§16. Режимы бурения скважин шарошечными долотами	49
Глава V. Ударно-вращательное (пневмоударное) бурение скважин	52
§17. Общие сведения о станках с пневмоударниками	52
§18. Разрушение пород при бурении пневмоударниками	52
§19. Технические характеристики и конструктивные особенности станков	53
§20. Пневмоударники	56
§21. Долота для пневмоударников	57
§22. Режим работы и производительность станков с пневмоударниками	59
Глава VI. Огневое бурение скважин.	60
§23. Сущность огневого бурения	60
§24. Конструктивные особенности и техническая характеристика станков огневого бурения	61
§25. Буровые огнеструйные горелки	64
§26. Расход компонентов при огневом бурении	66
§27. Режим огневого бурения	67
Глава VII. Бурение шпуров	69
§28. Общие сведения о бурильных машинах	69
§29. Устройство и принцип действия бурильных машин	70
§30. Технические характеристики и условия применения бурильных машин	72
§31. Борьба с вибрацией и шумом при бурении шпуров	75
§32. Буровой инструмент	77
§33. Режим работы и скорость бурения бурильных машин	81

Раздел III. Взрывчатые вещества и средства инициирования	83
Глава VIII. Основные понятия о взрыве и взрывчатых веществах	83
§34. Классификация взрывов	83
§35. Взрывчатые вещества	84
§36. Формы превращения взрывчатых веществ	85
§37. Начальный импульс и его виды. Чувствительность ВВ к различным воздействиям.	86
§38. Стойкость взрывчатых веществ	89
§39. Плотность взрывчатых веществ и заряжения	90
§40. Кислородный баланс взрывчатых веществ	91
§41. Химические реакции при взрыве. Состав и объем продуктов взрыва	92
§42. Свойства ядовитых газов, содержащихся в продуктах взрыва	93
§43. Теплота взрыва	95
§44. Температура взрыва	96
§45. Давление газообразных продуктов взрыва	97
§46. Работа взрыва, работоспособность и бризантность взрывчатых веществ и способы их определения.	98
§47. Детонация промышленных ВВ.	101
§48. Кумулятивное действие взрыва.	103
Глава IX. Промышленные взрывчатые вещества	105
§49. Классификация промышленных взрывчатых веществ	105
§50. Общие сведения о взрывчатых веществах для взрывания на карьерах	108
§51. Основные компоненты взрывчатых веществ для карьеров	109
§52. Взрывчатые вещества для открытых работ (класс I)	111
§53. Взрывчатые вещества для открытых и подземных работ в шахтах, не опасных по газу и пыли (класс II)	118
§54. Подготовка и испытание взрывчатых веществ	122
Глава X. Средства инициирования	126
§55. Классификация средств инициирования	126
§56. Иницирующие взрывчатые вещества	127
§57. Капсюль-детонатор	129
§58. Огнепроводный шнур	130
§59. Средства зажигания огнепроводного шнура.	131
§60. Электродетонаторы	133
§61. Детонирующий шнур и пиротехническое детонационное реле.	138
§62. Испытания средств инициирования	140
Глава XI. Приборы взрывания и контрольно-измерительные приборы при электрическом взрывании зарядов	143
§63. Приборы взрывания	143
§64. Контрольно-измерительные приборы.	152
§65. Испытание взрывных машинок	156
Глава XII. Хранение и транспортирование взрывчатых материалов.	158
§66. Общие правила обращения с взрывчатыми материалами.	158
§67. Порядок транспортирования ВМ на склады и к местам производства взрывных работ.	159
§68. Хранение взрывчатых материалов.	161
§69. Учет и выдача ВМ.	165
§70. Уничтожение взрывчатых материалов	172

Раздел IV. Взрывные работы на карьерах	174
Глава XIII. Основы теории действия взрыва в среде и принцип расчета зарядов	174
§71. Основные понятия, связанные с изучением действия взрыва в среде	174
§72. Действие взрыва одиночного заряда на окружающую среду	175
§73. Принципы расчета сосредоточенных и удлинённых зарядов	179
Глава XIV. Способы взрывания зарядов	181
§74. Классификация способов взрывания зарядов	181
§75. Огневое взрывание	182
§76. Электрическое взрывание	184
§77. Краткие сведения по теории электродетонаторов	184
§78. Схемы соединения электродетонаторов и расчет величины тока	187
§79. Подготовка к электрическому взрыванию	189
§80. Взрывание детонирующим шнуром	190
§81. Мгновенное взрывание	191
§82. Короткозамедленное взрывание	192
§83. Расчет интервала времени замедления при короткозамедленном взрывании	193
§84. Монтаж взрывной сети при взрывании детонирующим шнуром	195
Глава XV. Взрывные работы на карьерах	196
§85. Классификация методов взрывных работ	196
§86. Метод наружных зарядов	196
§87. Метод шпуровых зарядов	197
§88. Метод скважинных зарядов	198
§89. Выбор диаметра скважины	199
§90. Исследование и выбор рациональной сетки расположения скважин	201
§91. Выбор рациональной величины перебура	203
§92. Расчет величины сопротивления по подошве	206
§93. Выбор рациональной высоты уступа	208
§94. Конструкция заряда	208
§95. Забойка и ее размеры	213
§96. Расчет величины заряда	214
§97. Метод камерных зарядов	215
§98. Взрывание на выброс	218
§99. Взрывание на сброс	220
§100. Метод котловых зарядов	221
Глава XVI. Современные методы регулирования кусковатостью горных пород при дроблении их взрывом	222
§101. Влияние качества буровзрывных работ на технико-экономические показатели работы карьера	222
§102. Классификация современных методов регулирования дробления горных пород взрывом	224
§103. Выбор типа взрывчатого вещества	225
§104. Влияние конструкции заряда и его формы на дробление пород	225
§105. Однорядное короткозамедленное взрывание	226
§106. Многорядное короткозамедленное взрывание	229
§107. Взрывание в зажатой среде	230
§108. Расчет основных параметров буровзрывных работ при взрывании в зажатой среде	232

§109. Взрывание высоких уступов в зажатой среде	237
§110. Классификация схем взрывания скважинных зарядов на карьерах	240
§111. Применение параллельно-сближенных скважинных зарядов	257
§112. Применение дополнительных укороченных скважин на карьерах с крупноблочной структурой горных пород	258
§113. Влияние начала инициирования на конструкцию заряда и эффективность взрыва	260
§114. Метод отбойки горных пород наклонными скважинными зарядами	262
Раздел V. Технология, механизация и организация взрывных работ на карьерах	263
Глава XVII. Выбор технологии и схемы комплексной механизации взрывных работ	263
§115. Технология выполнения взрывных работ	263
§116. Технологические предпосылки выбора схем комплексной механизации взрывных работ на карьерах	264
§117. Схемы комплексной механизации при использовании простейших взрывчатых веществ	265
§118. Схемы комплексной механизации при хранении взрывчатых веществ в мешкотаре	269
§119. Схемы комплексной механизации при хранении ВВ в специальных емкостях	273
§120. Схемы комплексной механизации при применении водосодержащих взрывчатых веществ	275
§121. Анализ технико-экономических показателей схем комплексной механизации взрывных работ на карьерах	278
Глава XVIII. Механизация работ на складах взрывчатых веществ	282
§122. Расположение механизированных хранилищ на территории поверхностных складов взрывчатых веществ	282
§123. Применение поддонов на складах для размещения взрывчатых веществ	283
§124. Типовые склады взрывчатых веществ	287
§125. Механизмы для работы на складах взрывчатых веществ	291
§126. Тельферный комплекс для погрузки взрывчатых веществ	294
Глава XIX. Растаривание взрывчатых веществ на постоянном растаривающем комплексе	295
§127. Схема постоянного растаривающего комплекса	295
§128. Работа основного оборудования комплекса	296
§129. Работа постоянного растаривающего комплекса	298
§130. Погрузочно-растаривающая установка 1УПР-30	299
Глава XX. Растаривание взрывчатых веществ на передвижных растаривающих установках и технология их работы	301
§131. Общие сведения о передвижных растаривающих установках	301
§132. Основные узлы и схемы работы передвижных растаривающих установок	303
§133. Конструктивные особенности передвижных погрузочно-растаривающих машин МПР-30	306
§134. Гидросистема и электрооборудование машины МПР-30	310
Глава XXI. Зарядные машины	311
§135. Классификация зарядных машин	311

136. Зарядная машина МЗ-4.	313
137. Зарядная машина МЗ-3.	315
138. Зарядные машины с пневматическими диафрагмами	320
139. Зарядно-транспортная машина "Зыряновск"	328
140. Зарядная машина МДЗ-1М	331
Глава XXII. Установки для водонаполнения взрывчатых веществ	332
§ 141. Стационарные установки для водонаполнения взрывчатых веществ	332
§ 142. Комбинированные схемы водонаполнения взрывчатых веществ	334
§ 143. Передвижение установки для водонаполнения взрывчатых веществ	339
Глава XXIII. Машины для забойки и осушения скважин	342
§ 144. Физико-механические свойства забойки и ее влияние на качество взрыва . .	342
§ 145. Машины для забойки скважин	344
§ 146. Машины для осушения скважин	347
Глава XXIV. Организация взрывных работ на карьерах.	350
§ 147. Особенности организации взрывных работ на современных карьерах	350
§ 148. Получение разрешения на ведение взрывных работ	350
§ 149. Подбор персонала для ведения взрывных работ	351
§ 150. Паспорт буровзрывных работ и диспозиция массового взрыва	352
§ 151. Маркшейдерское обслуживание взрывных работ на карьерах.	352
§ 152. Общие сведения о подготовке и производстве массового взрыва	354
§ 153. Техника безопасности при взрывных работах.	354
Список литературы	362

УЧЕБНОЕ ИЗДАНИЕ

Друкованый Михаил Федорович
Кукиб Борис Николаевич
Куц Василий Сидорович

БУРОВЗРЫВНЫЕ РАБОТЫ НА КАРЬЕРАХ

Заведующий редакцией *О.И. Паркани*
Редактор издательства *Е.И. Волков*
Технический редактор *Н.С. Анашкина*
Корректоры *И. П. Розанова, Е.М. Одабашян*
Операторы *Н.Я. Новикова, Л.В. Фролова*
ИБ № 8169

Подписано в печать с репродуцируемого оригинал-макета 14.09.90. Формат 60х90¹/₁₆. Бум. офсетная № 1. Гарнитура Универс. Печать офсетная. Усл. печ. л. 23,0. Усл. кр.-отт. 23,0. Уч.-изд. л. 24,10. Тираж 6000 экз. Зак. № 718. /2337-9. Цена 1 руб.
Набор выполнен на наборно-пишущей машине

Ордена "Знак Почета" издательство "Недра".
125047 Москва, пл. Белорусского вокзала, 3.

Тульская типография Государственного Комитета СССР
по печати.
300600, г. Тула, проспект Ленина, 109.